

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁNSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA
STROJNÍ FAKULTA**

**Popis algoritmu přenosu informací pro monitorování osob a
území na dálku**

*Description of the Algorithm for Information Transmission for
the
People and Area Remote Monitoring*

**STUDENT: Tomáš Staš
VEDOUcí: Ing. František Martinec, CSc.**

21.5.2012

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Staš**

Studijní program: B3712 Technologie letecké dopravy

Studijní obor: 3708R036 Technologie letecké dopravy

Téma: Popis algoritmu přenosu informací pro monitorování osob a území na
dálku
Description of the Algorithm for Information Transmission for the
People and Area Remonte Monitoring

Zásady pro vypracování:

1. Analýza možností algoritmizace pohybu UAS (3 - 5ks) pro monitorování osob a území na dálku
2. Analýza možností algoritmizace přenosu informací pro monitorování osob a území na dálku
3. Návrh algoritmu pohybu 3-5ks UAS a přenos informací při monitorování osob a území na dálku

Seznam doporučené odborné literatury:

Volner, R.: Digitální technologie - Elektronické přístrojové systémy, Ostrava: VŠB-TUO, 2007
http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle
<http://www.google.cz/search?q=algoritmizace&hl=cs&client=firefox-a&hs=7RZ&rls=org.mozilla:cs:official&prmd=jvns&ej=WwmUTrrWKMzrOcfqrLIH&start=20&sa=N>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. František Martinec, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

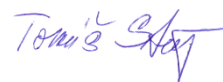
doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.



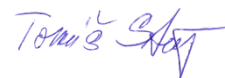
V Ostravě dne 21. května 2012

Tomáš Staš

Prohlašuji, že

- celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu,
- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon c.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- rovněž souhlasím s tím, že kompletní text bakalářské práce bude publikován v materiálech zajišťujících propagaci VŠB-TUO, vč. příloh časopisů, sborníků z konferencí, seminářů apod. Publikování textu práce bude provedeno v omezeném rozlišení, které bude vhodné pouze pro čtení a neumožní tedy případnou transformaci textu a dalších součástí práce do podoby potřebné pro jejich další elektronické zpracování.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 21. května 2012



Tomáš Staš

Ostrava - Výškovice

29. Dubna 19

70030

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Františku Martincovi, CSc. za cenné připomínky, odborné rady a podněty k zamyšlení během vypracování této bakalářské práce. Taktéž bych rád poděkoval mé rodině za podporu při studiu a tvorbu potřebného zázemí.

Anotace bakalářské práce

STAŠ, T. *Popis algoritmu přenosu informací pro monitorování osob a území na dálku*, Ostrava – Institut dopravy, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012, vedoucí diplomové práce: Ing. František Martinec, CSc.

Obsah této bakalářské práce pojednává o využití bezpilotních letounů k monitorovacím účelům a popisu algoritmu jejich pohybu. Bepilotní letouny monitorují pomocí senzorů oblast o určitých rozměrech a zjišťují, zda se v dané oblasti nenachází lidská osoba. Letouny mezi sebou navzájem komunikují a předávají si údaje ze senzorů. Úvodní kapitola poskytuje objasnění, co to vlastně bezpilotní letoun je. Dále je objasněno, co to algoritmus a algoritmizace je. V následujících kapitolách jsou probrány možnosti komunikace bezpilotních letounů mezi sebou, popis jednotlivých topologií komunikací letounů. V další kapitole jsou popsány možnosti pohybu UAV na různých územích. V závěru práce je pak uveden samotný algoritmus pro UAS a jeho popis.

Annotation of bachelor thesis

STAŠ, T. *Description of the Algorithm for Information Transmission for the People and Area Remote Monitoring*, Ostrava – Institute of transport, Faculty of mechanical engineering, VSB – Technical university of Ostrava, 2012, thesis head: Ing. František Martinec, CSc.

The contents of this thesis deals with the use of unmanned aircraft for surveillance purposes and a description of the algorithm of their movements. Unmanned aircraft sensors monitored by an area of certain dimensions and determine whether the area is not in the human person. Aircraft communicate with each other and transmit data from the sensors. The introductory chapter provides clarification of what it actually is a drone. It is clarified what this algorithm and the algorithm. The following chapters are discussed the possibility of communication between unmanned aircraft, a description of each aircraft communications topologies. The next chapter describes the mobility of UAVs in different territories. The conclusion is then given for the UAS algorithm itself and its description.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
1 Cíle práce	9
2 Úvod.....	10
2.1 Základní rozdělení UAV	11
3 Algoritmus	13
3.1 Vlastnosti algoritmů	13
3.2 Algoritmizace.....	14
3.3 Znázorňování algoritmů	14
3.4 Vývojové diagramy	15
4 Možnosti přenosu informací UAV	16
4.1 Topologie typu hvězda	16
4.2 Topologie typu Mesh.....	18
4.3 Topologie typu Ad-hoc	20
4.4 Metody rozpoznávání osob.....	21
5 Možnosti pohybu UAS	23
5.1 Monitorování s použitím 3 UAV - 2 sektory	24
5.2 Monitorování s použitím 4 UAV - 2 sektory	26
5.3 Monitorování s použitím 6 UAV - 3 sektory	29
5.4 Monitorování s použitím 6 UAV - 4 sektory	31
5.5 Monitorování trojúhelníkového prostoru - 4 UAV	34
5.6 Monitorování šestiúhelníkového prostoru - 6 UAV	36
6 Algoritmus pro UAS	40
7 Hodnocení cílů	48
8 Závěr	49
Seznam obrázků	50
Seznam použité literatury	51

Seznam použitých značek a symbolů

UAS	Unmanned aerial system	Bezpilotní systém
UAV	Unmanned aerial vehicle	Bezpilotní letoun
ŘS		Řídicí stanice
GPS	Global Positioning System	Globální družicový polohový systém
HW	Hardware	Technické vybavení
SW	Software	Programové vybavení
TIP	Thermal identifical panel	Termální identifikační panel

1 Cíle práce

Táto bakalářská práce si klade za cíl popis a analýzu možností algoritmizace UAS, který se bude skládat ze tří až šesti kusů bezpilotních letounů a bude sloužit k monitorování osob a území na dálku. Území bude několik druhů. Základem bude obdélníková plocha, na které budou popsány možnosti monitorování rozděleného do několika sektorů. Dále se pak budu věnovat netypickému tvaru plochy - trojúhelníkové ploše a šestiúhelníkové ploše. Ve své práci objasním, co to UAV a UAS je, co to je algoritmus a jeho využití při řešení problémů. Dalším úkolem bude objasnění přenosů informací mezi jednotlivými UAV a jejich vzájemné možnosti komunikace a závěrem popis algoritmu pohybu jednotlivých UAV v systému UAS a jejich vzájemná spolupráce pomocí vývojového diagramu a následného slovního rozepsání daných úkonů v algoritmu.

2 Úvod

Pojem UAV vyjadřuje anglickou zkratku pro Unmanned Aerial Vehicle, což by se dalo do češtiny přeložit jako bezpilotní letoun. Stále více se v dnešní době používá anglický termín drone. Jak již název napovídá, jedná se o letoun, který není řízen člověkem přímo, ale nýbrž na dálku. Druhým typem bezpilotních letounů jsou ty, které mohou létat samostatně a bez zásahu člověka do řízení. Tyto letouny mají buď naprogramované letové plány, nebo jsou řízeny pomocí vlastních autonomních systému, senzorů. Bepilotní prostředky mohou být použitelné jen jednou, nebo jsou typy pro opakované použití. Terčové bezpilotní prostředky i mnohé bezpilotní letouny jsou použitelné jen jednou, protože vlastní zničení je účelem jejich funkce. Zde je možné položit si otázku, zda-li řízené střely s plochou dráhou letu nejsou také bezpilotní letouny. Ve většině definic je proto uvedeno, že člověk musí mít možnost ovlivňovat nebo možnost převzít řízení nad zařízením. Historie těchto letounů sahá poměrně daleko do historie. První bezpilotní letoun byl sestaven roku 1916 a jednalo se o jakýsi vzdušný cíl. Z toho vyplývá, že bezpilotní letouny začala využívat jako první armáda. UAV se postupně vyvíjeli až do dnešní podoby. Dnes tyto letouny slouží v armádě k průzkumné činnosti, ale také k útočným účelům. V civilním odvětví slouží k nejrůznějším činnostem. Za zmínku stojí hašení požárů, u policie ke sledovacím účelům a v neposlední řadě také k průzkumu a focení terénu.

Pokud použijeme více UAV letounů, které budou spolupracovat a vzájemně mezi sebou komunikovat, vznikne systém Unmanned Aerial System, ve zkratce UAS. Součástí tohoto systému je několik bezpilotních letounů a pozemní stanice, kde se shromažďují pořízená data a odtud dochází k řízení letounů jako celku.

Bakalářská práce je rozdělena do několika hlavních částí. První část bakalářské práce se věnuje algoritmům, objasňuje, co to vlastně algoritmus je. Dále pak jaké má základní vlastnosti. Poté jsou zde uvedeny možnosti, jak algoritmy znázorňovat.

V další kapitole jsou popsány možnosti komunikace a přenosů informací mezi jednotlivými bezpilotními letouny v UAS. V této kapitole jsou dále uvedeny základní typy topologií sítí a způsoby bezdrátového propojení pro komunikaci. U každého typu topologie jsou uvedeny jeho výhody a také nevýhody.

Kapitola 5 se věnuje možnostmi pohybů jednotlivých bezpilotních letounů v systému UAS. Jsou zde uvedeny tři základní možnosti pohybů UAV po zadaném území. Nejjednodušší využívá

k zabezpečení oblasti 4 bezpilotní letouny, zbylé dva způsoby pak používají k monitorování 6 kusů bezpilotních letounů.

V šesté kapitole je uveden samotný algoritmus pro UAS. Pro popsání algoritmu pohybu bezpilotních letounů a metodě monitorování daného území byla vybrána možnost se 6 bezpilotními letouny, kdy je prostor rozdělen na tři sektory. V každém sektoru monitoruje jedno primární UAV, přičemž má své sekundární UAV na zemi a je mu kdykoliv k dispozici. Algoritmus je znázorněn pomocí vývojového diagramu. Po něm jsou slovně detailně rozepsány jednotlivé kroky ve vývojovém diagramu a je zde popsáno, co UAS v dané chvíli přesně provádí.

2.1 Základní rozdělení UAV

Nyní se dostáváme k dělení UAV. Lze je rozdělit například podle jejich účelu, ke kterému slouží. Pochopitelně nejrozšířenějším jsou bezpilotní letadla pro průzkum, pozorování a sledování. Dále jsou zde terčové letouny pro nácvik ostré střelby, tzv. target drones a návnady pro zmatení nepřátelské protivzdušné obrany, tzv. decoy drones. V poslední době dochází k velkému rozmachu bojových bezpilotních prostředků UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicles). Ty se rozdělují na opakovaně použitelné a jednorázové, či sebevražedné. Dále existují i bezpilotní zařízení pro elektronický boj. Do budoucna se uvažuje použití UAV i pro jiné účely, například v oblasti logistiky.

Zde je uvedeno šest kategorií, dle kterých lze UAV rozdělit podle určení:

- cíl a návnada - tento druh bezpilotních letounů poskytuje dělostřelectvu a letectvu letící cíl pro sestřelení; simuluje nepřátelské letadlo nebo letící raketu
- průzkumné - tento druh UAV má primárně za úkol jak již název napovídá průzkumnou činnost, slouží k monitorování nepřátelského území, špionážní činnosti
- bojové - slouží k útokům na nepřátelské cíle v rizikových místech; tedy tam, kde je velice nebezpečné posílat klasické letadlo s lidskou osádkou
- logistické - bezpilotní letounu speciálně navrhnuté tak, aby mohly převážet náklad a zajišťovat logistickou činnost bez nutnosti lidské posádky na palubě UAV
- pro výzkum a vývoj - používají se pro testování nových typů UAV, nových tryskových pohonů, které budou zabudovány do nových bezpilotních letounů

- civilní a obchodní - tyto typy bezpilotních letounů jsou speciálně určeny výhradně pro občanské a obchodní využití

Bezpilotní letouny lze samozřejmě rozdělit i podle některých dalších kritérií. Lze je rozdělit například podle doletu. Pro porovnání nejkratší dolety mají bezpilotní letouny pod 10km. Bezpilotní letouny s největším doletem dokážou uletět až 400km. Mezi další dělení patří dělení podle jejich velikostí. Jsou to velikosti od mikrobezpilotních letounů až po velké bojové bezpilotní, které jsou schopny plnit samostatně bojové mise ve válce. S velikostí souvisí i jejich váha. Hmotnosti se pohybují od váhy pod 5kg u nejmenších UAV až po hmotnosti nad 10 000kg. Tyto letouny nesou armádní výzbroj.

3 Algoritmus

Slovem algoritmus se rozumí schematický postup nebo návod, jak vyřešit určitý druh problému, který je prováděn pomocí konečného množství přesně definovaných kroků. Tento pojem se dnes objevuje nejčastěji informačních technologiích a informace obecně, ale také v přírodních vědách obecně. Jako jistý druh algoritmu může být označen kuchyňský recept, různé návody a postupy. V programování se pojem algoritmus užívá pro teoretický princip řešení problému. V užším smyslu se slovem algoritmus rozumí takové postupy, které splňují některé silnější požadavky.

3.1 Vlastnosti algoritmů

Každý algoritmus má své vlastnosti, které musí splňovat. Jsou to základní vlastnosti algoritmu: Konečnost (finitnost), Obecnost (hromadnost, masovost, univerzálnost), Determinovanost, Výstup (resultativnost) a Elementárnost. Tyto vlastnosti jsou detailně rozepsány níže.

Konečnost - každý algoritmus musí mít konečný počet kroků, ve kterém končí. Počet kroků, který algoritmus obsahuje, může být libovolně velký, ale pro každý výstup v algoritmu musí být konečný. Ty postupy, které nesplňují tuto podmínku, se mohou nazývat výpočetní metody, ne algoritmus.

Obecnost - toto je důležitá vlastnost algoritmů. Neřeší jeden jediný problém, ale více obecných problémů, tedy třídu problémů. Pokud bychom chtěli uvést příklad, tak algoritmus neslouží k tomu, aby například spočítal podíl 16:4, ale řeší, jak spočítat obecně podíl dvou celých čísel. Má širokou množinu možných vstupů do algoritmu.

Determinovanost - každý krok algoritmu musí být jednoznačně a přesně definován. Musí tedy být v každé situaci naprosto zřejmé, co a jak se má provést, jak má daný algoritmus dále pokračovat, to znamená, že pokud zadáme stejné vstupní parametry, dostaneme vždy stejný výsledek. Existují ale takové algoritmy, které nesplňují vlastnost, že jsou determinované. Tyto algoritmy se nazývají pravděpodobnostní a mají v sobě zahrnutou náhodu.

Výstup - algoritmus má nejméně jeden výstup, je to veličina, která je v požadovaném vztahu k zadaným vstupním parametrům do algoritmu. Tvoří tím tedy odpověď na problém, který má za úkol algoritmus vyřešit. Vede od zpracování hodnot k výstupu.

Elementárnost - tato vlastnost určuje, že každý algoritmus se musí skládat z konečného počtu jednoduchých (elementárních) kroků. Není algoritmus, který má nekonečný počet kroků, pokud se tak stane, dojde k zacyklení a algoritmus nikdy neskončí.

3.2 Algoritmizace

Je to proces, při kterém dochází k samotnému vytváření algoritmu, tedy vytvoření řešení daného problému. Algoritmizace je tvůrčí činnost, při které využíváme intelekt, zkušenosti, intuici a postupně dochází k vytváření spousty postupů řešení. Při vytváření algoritmu může dojít k několika základním problémům. Prvním z nich je ten, že v námi vytvořeném algoritmu nedojdeme nikdy k požadovanému řešení. Mohou ale nastat i takové případy, ve kterých dojde ke správnému řešení jen v některých situacích. Speciálním případem nepovedeného algoritmu je takový algoritmus, který se zacyklil. To znamená, že nikdy nedojde k požadovanému výpočtu a algoritmus nikdy neskončí. Ve všech těchto případech je nutné náš algoritmus vhodně upravit tak, aby splňoval správně funkci, ke které je určen. Postupně zdokonalujeme algoritmus a vylepšujeme jej, až dojdeme k tzv. optimálnímu algoritmu. Optimální algoritmus je takový algoritmus, který již nelze zjednodušit, provádí svou funkci v dokonalé podobě a za nejméně možný čas. Někteří tvrdí, že optimální algoritmus existuje, jiní zase tvrdí, že takový algoritmus neexistuje. To znamená, že každý algoritmus by se dal teoreticky ještě dále upravovat, vylepšovat a zjednodušovat.

3.3 Znázorňování algoritmů

Algoritmy lze znázorňovat vícero způsoby. Nejčastěji lze algoritmus zapsat textovou a nebo grafickou formou. Způsob, jakým algoritmus vyjádříme, závisí na tom, pro co je algoritmus určen.

Textový způsob zápisu je v současné době nejpoužívanějším druhem vyjádření algoritmů. Tento způsob se hojně využívá především v nejrůznějších programovacích jazycích, které používáme jako prostředek k zápisu námi vymyšlených programů, postupů a algoritmů. Každý programovací jazyk má svůj speciální jazyk a seznam příkazů, pomocí něj zapisujeme algoritmy. Výhodou textového způsobu zápisu je přehlednost, snadný přepis do programovacího jazyku a v neposlední řadě také pozdější možnost modifikace postupu řešení.

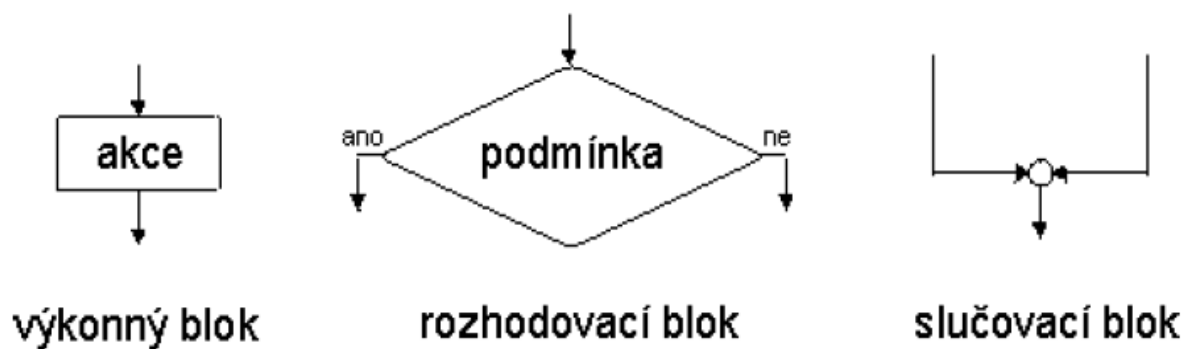
Grafický způsob zápisu algoritmů je popsán soustavou grafických symbolů. Pro přehlednější a na první pohled srozumitelnější vyjádření se používají vývojové diagramy, stromečkové stromečkové strukturogramy a plošné strukturogramy. Výhodou grafického znázornění algoritmů je jeho přehlednost, názornost, znázornění struktury problému, dále pak

jeho výhodou je to, že poskytuje informace o postupu jeho řešení. Grafické znázornění má také ale své nevýhody. Mezi ně patří náročnost konstrukce grafických symbolů a jejich vzájemných vztahů, obtížná možnost dodatečných úprav postupu řešení vedoucí často k překreslení celého postupu řešení. Tato technika dále také není vhodná pro rozsáhlé a složité problémy.

3.4 Vývojové diagramy

Vývojové diagramy jsou někdy označovány jako bloková schémata nebo také jako grafy řízení. Slouží jako univerzální, avšak ne bezproblémový prostředek. Ve vývojových diagramech je znázorněn časový postup provádění jednotlivých kroků algoritmů pomocí orientovaného grafu. Vývojový diagram má vždy jediný počáteční uzel, který označuje počátek postupu. Dále má také jediný koncový uzel, který reprezentuje konec postupu algoritmu. Mezi těmito prvky jsou bloky, které jsou spojeny šipkami, pomocí níž je vyjádřen logický postup řešení algoritmu.

Vývojové diagramy mají tři základní prvky. Jsou to výkonný blok, rozhodovací blok a slučovací blok. Výkonný blok slouží výhradně jako blok, do kterého se zapisuje akce, kterou chceme provést. Do výkonného bloku vstupuje jedna šipka a vystupuje z něj také jedna šipka. Má tedy jeden vstup a jeden výstup. Rozhodovací člen je podmínkový. To znamená, že do tohoto členu vstupuje jeden vstup a dva vystupují. Je to "ANO" a "NE." Na tom, zda-li na výstupu bude ano či ne záleží na podmínce, která je stanovena. Třetím používaným je slučovací blok. Ten se používá již z výše uvedeného důvodu, a to je ten, že každý algoritmus musí vždy začínat a končit jedním blokem. Proto se do vývojových diagramů zavádí slučovací bloky. Ve slučovacích blocích se neprovádí žádné podmínka ani akce. Slučovací bloky slouží také k zavádění zpětných vazeb.



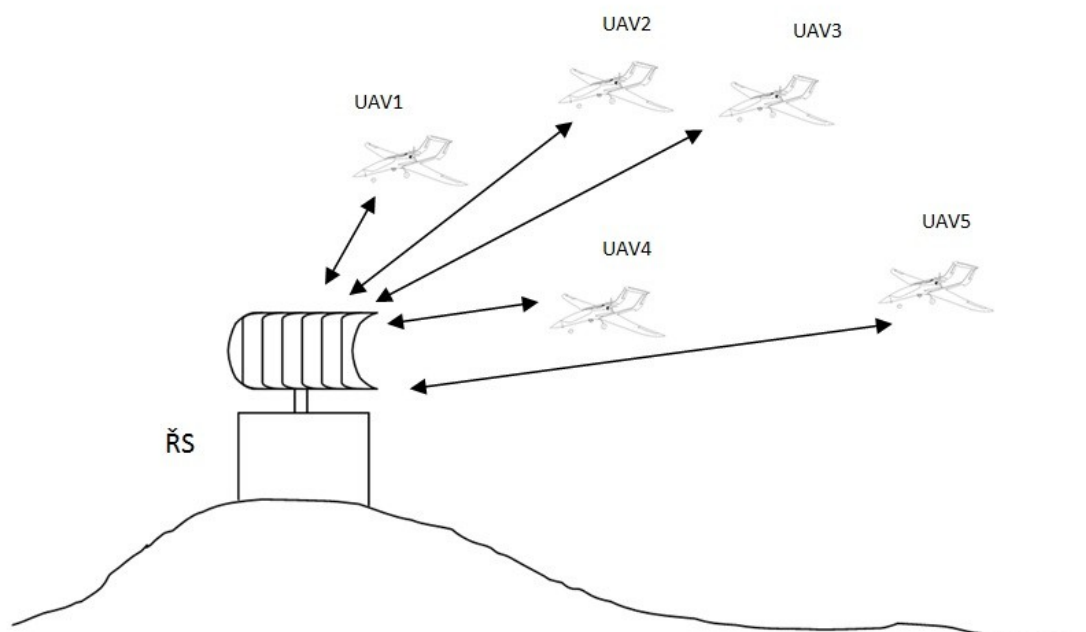
Obr. 3.1 - Grafické značky 3 základních bloků diagramů

4 Možnosti přenosu informací UAV

Způsoby komunikace mezi jednotlivými bezpilotními letouny vychází z informační technologie, přesněji řečeno z topologií sítí. Tyto topologie se zabývají zapojením několika prvků jako celku. Prvky mezi sebou poté mohou vzájemně komunikovat a předávat si mezi sebou informace. Topologie lze chápat ze tří základních hledisek - fyzické, logické a signálové. Fyzické hledisko popisuje konstrukci sítě, zapojení jednotlivých zařízení, jejich umístění a kabeláž. Logická topologie určuje, jak jsou v síti přenášena data a cestu, kudy protékají z jednoho zařízení do druhého. Logická topologie nemusí být nutně stejná jako fyzická. Signálová topologie mapuje skutečné propojení mezi uzly a sleduje, kudy prochází signál. Existuje mnoho druhů topologií, například kruhová, hvězdicová, plně propojená, stromová, sběrníková, ad-hoc, atd. Pro naše využití má z hlediska možností a způsobu zapojení smysl pouze topologie typu hvězda, topologie typu mesh a topologie typu ad-hoc.

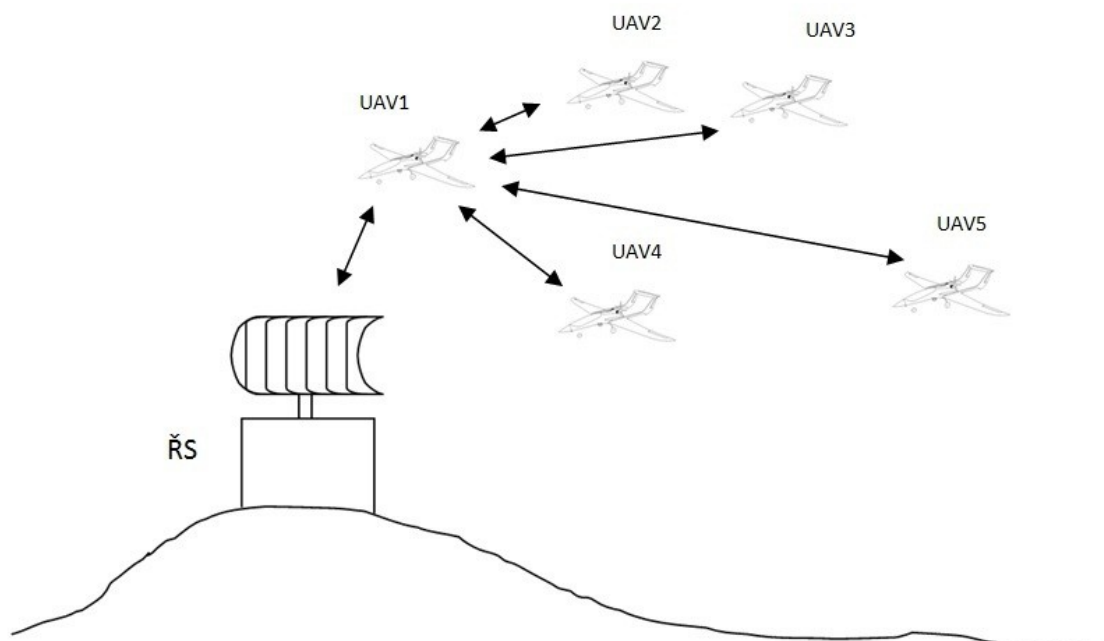
4.1 Topologie typu hvězda

Jak již název napovídá, toto zapojení svým tvarem připomíná hvězdu. Uprostřed je řídicí stanice umístěna na zemi. Ostatní UAV jsou s touto centrálním řídicí stanicí ve spojení a vzájemně s ní komunikují. Pro každé UAV je nutný samostatný komunikační kanál. Při velkém počtu UAV to může znamenat nedostatek komunikačních kanálů. V praxi to znamená, že okolní UAV mezi sebou nemohou komunikovat přímo, ale musí svou vzájemnou komunikaci vést přes centrální řídicí stanici. Mezi výhody tohoto typu komunikace patří to, že pokud selže komunikace mezi jedním z UAV a pozemní řídicí stanicí, může řídicí stanice i nadále komunikovat s ostatními bezpilotními letouny. Nedojde k výpadku celé komunikace. Místo vzniku závady je také poté jednodušší nalézt. Mezi hlavní nevýhody patří to, že pokud dojde k poruše řídicí stanice, dojde k výpadku komunikace v celé síti. Dále jsou zde kladeny větší požadavky na hardware. Další nevýhodou je to, že každý z bezpilotních letounů musí být v přímé viditelnosti s pozemní řídicí stanicí.



Obr. 4.1 - Topologie hvězda

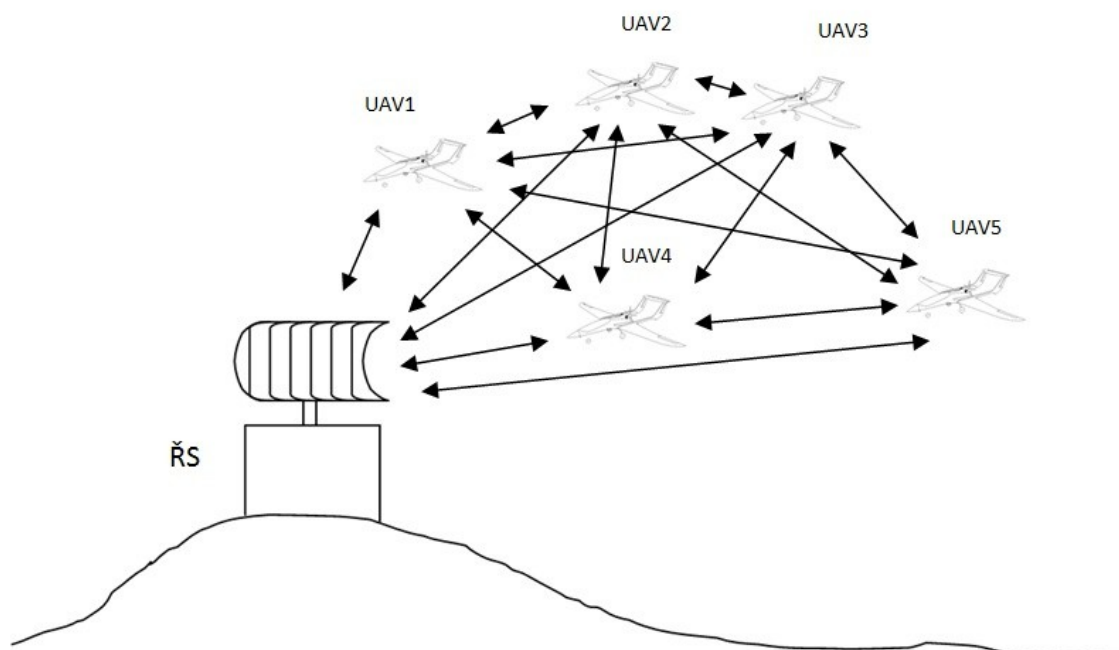
Pokud chceme tento typ komunikace používat i na větší vzdálenosti nebo pro komunikaci mimo přímý dohled z místa řídicí stanice, musíme celou síť poupravit. A to tím způsobem, že jako řídicí prvek označíme některý z UAV. Ostatní letouny budou poté komunikovat s ním. Tento řídicí UAV poté bude komunikovat s pozemní řídicí stanicí a bude jí předávat shromážděná data. Naopak ŘS bude vysílat pokyny skrze řídicí UAV do ostatních bezpilotních letounů. Řídicí bezpilotní letoun musí mít lepší hardwarové vybavení než ostatní UAV, aby byl schopen přijímat a odesílat dat pro více cílů zároveň. Toto řešení sebou přináší ale i jednu nevýhodu. Tou je další možnost ke ztrátě komunikace v celé síti, a to tehdy, pokud dojde ke ztrátě spojení mezi ŘS a řídicím UAV.



Obr. 4.2 - Topologie hvězda, kde centrálním prvkem je UAV1

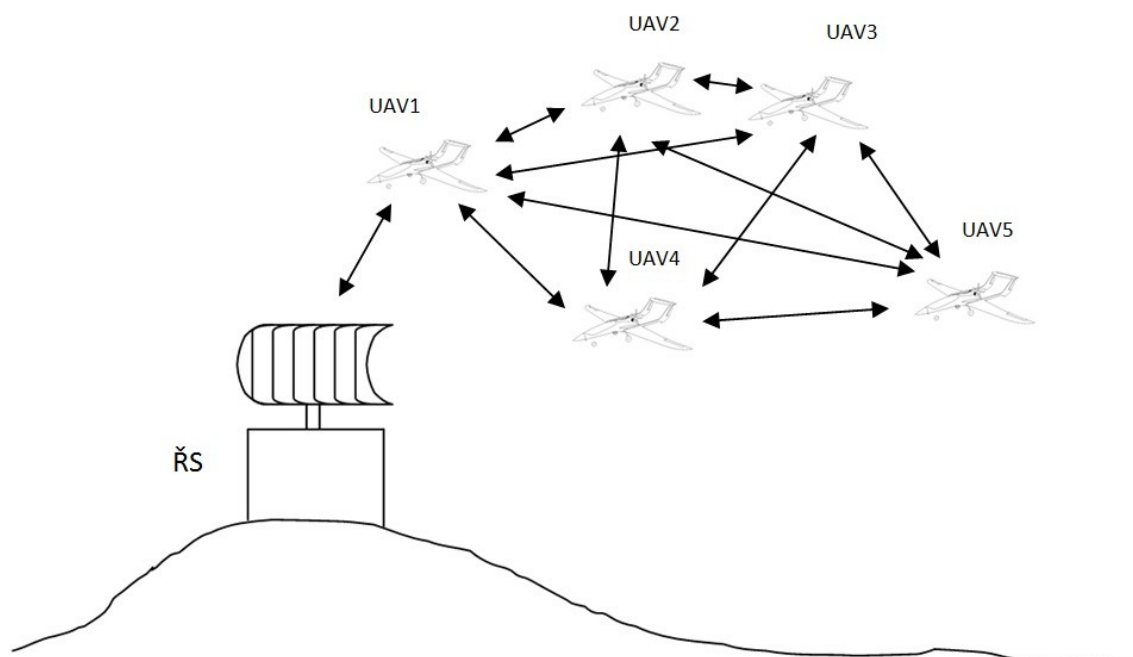
4.2 Topologie typu Mesh

Tento druh zapojení má neomezenou konektivitu. Všechny jednotlivé prvky v síti jsou spolu navzájem propojeny a komunikují spolu. To znamená, že všechny UAV mezi sebou přenášejí informace a komunikují spolu, zároveň jsou ale také všechny ve spojení s pozemní řídicí stanicí. Z toho vyplývá jednoznačná výhoda tohoto zapojení - pokud dojde k poruše na jakémkoliv bezpilotním letounu, nedojde k výpadku celé sítě, a to i za předpokladu, že dojde k poruše na více než jednom UAV. Komunikace bude i nadále probíhat ve zbylé funkční části sítě. Hlavní nevýhodou je vyšší nárok na hardwarové vybavení všech UAV a řídicí stanice, tudíž i vyšší cena při použití tohoto typu zapojení. Další nevýhodou je jako u předchozího typu nutnost být v přímé viditelnosti s řídicí stanicí a nebo s jedním z ostatních UAV.



Obr. 4.3 - Topologie typu Mesh

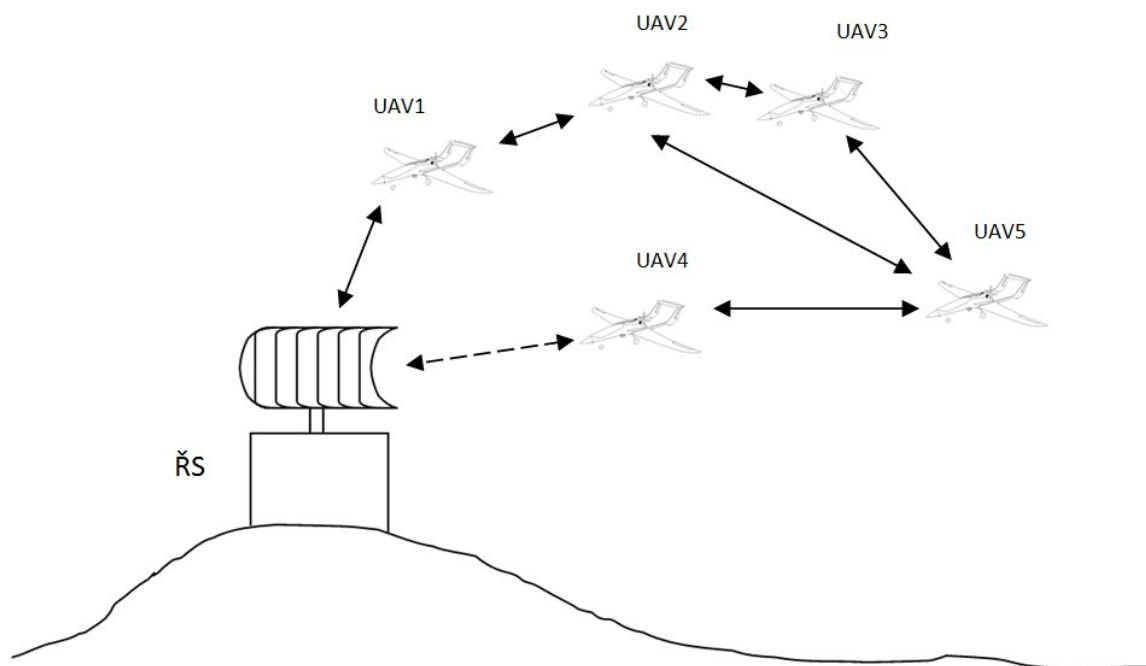
Opět jako u předchozího typu komunikace platí, že chceme-li využívat komunikaci na větší vzdálenosti nebo pro komunikaci mimo přímý dohled z místa řídicí stanice, je nutné síť modifikovat stejně jako v předchozím případě. Vzniknou tak dvě části sítě. Jedná část je stále typu mesh, druhá část je topologie typu hvězda. V části sítě v zapojení typu mesh mezi sebou komunikují jednotlivé UAV s řídicím bezpilotním letounem. V části zapojení typu hvězda pak mezi sebou komunikuje řídicí bezpilotní letoun a pozemní řídicí stanice. Tento bezpilotní letoun musí být proto lépe hardwarově vybaven z důvodu intenzivnějšího toku dat přes toto UAV. Prodlužuje se tak maximální vzdálenost pro komunikaci v síti. Nevýhodou je to, že pokud dojde k poruše mezi řídicím bezpilotním letounem a pozemní řídicí stanicí, dojde ke zhroucení sítě a ke ztrátě komunikace v celé síti.



Obr. 4.4 - Topologie Mesh, kde UAV1 je řídicím prvkem

4.3 Topologie typu Ad-hoc

Jde o typ propojení, kde jsou si všechny členy sítě rovny, tzv. peer-to-peer. To znamená, že všechny UAV jsou si rovny, žádný z nich není nadřizen ostatním. Základem této sítě je, že UAV navazují spojení pouze s dalším UAV, který je aktuálně v dosahu. Každý bezpilotní letoun může také komunikovat s pozemní řídicí stanicí. Každý letoun, který přijme zprávu od jiného UAV může taktéž tuto zprávu poslat dále, až se vždy dostane k řídicí stanici. Z tohoto hlediska se jedná o nejbezpečnější síť z pohledu doručení informace. Jako nevýhodu lze označit opět vysokou hardwarovou náročnost pro každý z bezpilotních letounů. Výhodou je to, že pokud nelze informaci jednomu z UAV, letoun vyhledá jiný letoun, který je již v dosahu a informaci odešle jemu.



Obr. 4.5 - Topologie Ad-hoc

4.4 Metody rozpoznávání osob

a) Termokamery

Jedná se o princip měření teploty, kdy není potřeba být ve fyzickém kontaktu s měřeným objektem. Využívá infračervené záření, které je neviditelné. Pomocí tohoto záření se měří povrchová teplota objektu. Termografickým měřicím systémem lze zobrazit teplotní pole měřeného objektu, ale pouze na jeho povrchu. Využití v našem případě je jednoznačné. Pomocí termokamer umístěných na bezpilotních letounech prohledávat oblast a hledat stopy lidského tepla, které každý člověk vyzařuje. Pomocí této metody lze rozpoznat lidskou osobu v terénu. Těmito zařízeními jsou vybaveny všechny sekundární bezpilotní letouny.

b) TIP

Termální identifikační panely slouží k identifikaci osob v daném území. K rozpoznání osoby, která má na viditelném místě umístěn termální identifikační panel, je potřeba mít termokameru. Na termokameře jsou poté osoby s TIP odlišeny od ostatních osob, které nemají u sebe TIP, a je tedy velice jednoduché rozpoznat, zda-li se jedná o povolnou osobu,

nebo narušitele. Termální identifikační panely mají rozměry 30x30cm a umísťují se na dobře viditelné místo na oděvu osoby.

c) Noktorovizory

Kamery pro noční vidění jsou zařízení, které zesilují zbytkové světlo. Noktovizory pracují v infračerveném pásmu blízké viditelnému světlu. Nezachycují tepelné záření těles s běžnými teplotami jako termovize. Obraz je zobrazován na zelené stínítko. Výsledkem je vyobrazení monochromatického, zeleného obrazu. Základní nevýhodou noktovizorů je, že ke své funkci potřebují alespoň zbytkové světlo. Noktovizory jsou vybaveny primární bezpilotní letouny. Jedná se o méně spolehlivou metodu snímání, než je termovize. Termovize je tedy na vyšším stupni, navíc u termovize jsou použity TIP k odlišení povolanych osob od narušitelů.

d) Odposlech

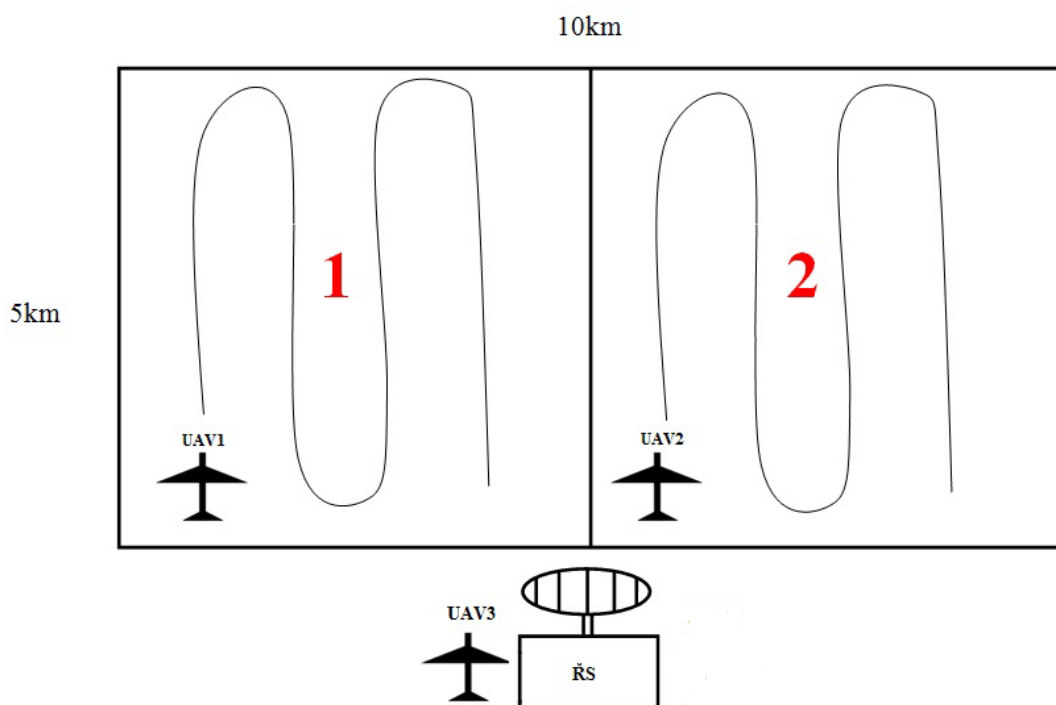
Jedná se o klasický zvukový odposlech na dálku. Na bezpilotních letounech jsou umístěny citlivé zvukové senzory, které snímají zvuk okolo trasy letu a vyhodnocují jej. Odposlouchávání slouží v našem případě jako doplňující, sekundární snímaná veličina.

5 Možnosti pohybu UAS

Systém UAS má za úkol monitorování zadaného území. V našem případě bylo zvoleno území obdélníkového tvaru s rozměry kratší strany 5km a delší strany 10km. Poté jsou uvedeny způsoby pohybu UAS po trojúhelníkové a šestiúhelníkové ploše. Způsobů pohybu jednotlivých bezpilotních letounů v UAS je několik. V našem případě byly vybrány tři nejpravděpodobnější, které jsou detailně rozebrány a popsány níže. U nejjednoduššího, ale nejméně efektivního se na monitorování podílejí 4 bezpilotní letouny, naopak u nejsložitějšího, ale také u nejefektivnějšího, se podílí na monitorování 6 bezpilotních letounů. Čím více rozdělíme prostor na co nejmenší sektory, tím vyšší bude nutný počet bezpilotních letounů k monitoringu a tím kvalitnější bude zabezpečení oblasti z hlediska intenzity prohledávání. Samozřejmě s vyšším počtem UAV rostou také nároky na celý systém řízení, kvalitnější a mnohem složitější zpracování algoritmu pohybu a celkové funkce UAS. To má vliv na cenu celkového systému. V neposlední řadě je také nutné brát v potaz trasy bezpilotních letounů. V případě, že se v daném sektoru nachází více UAV, roste riziko možnosti srážky. Je tedy nutné brát také ohled na vertikální separaci jednotlivých bezpilotních letounů. K monitorování území lze použít samozřejmě teoreticky nekonečné množství bezpilotních letounů, pro náš případ bude plně dostačující počet 4-6ks. U každého ze způsobů monitorování jsou také uvedeny jejich výhody a nevýhody.

5.1 Monitorování s použitím 3 UAV - 2 sektory

K monitorování území slouží obdélníková plocha o rozměrech delší strany 10km a kratší strany 5km. Plocha je rozdělena do dvou sektorů, přičemž v každém sektoru monitoruje jedno UAV. To znamená, že jeden sektor má rozměr 5x5km.



Obr. 5.1 - Monitorování plochy rozdělené na 2 sektory

Dva bezpilotní letouny, které slouží k primárnímu monitorování (UAV1 a UAV2), jsou vybaveny kamerou pro noční vidění a citlivým zařízením pro odposlech. Bepilotní letoun UAV1 se pohybuje ve svém sektoru (sektor číslo 1) a bepilotní letoun UAV2 se pohybuje v sektoru číslo 2. Tyto dva letouny se pohybují nepřetržitě po předem stanovené trase, přičemž monitorují svůj prostor a hledají, zda-li se v jejich prostoru nenachází hledaná osoba. Jestliže UAV1 nebo UAV2 rozpozná ve svém sektoru osobu, vyšle do pozemní řídicí stanice signál se souřadnicemi GPS, kde primární bepilotní letoun rozpoznal lidskou postavu. Řídicí stanice zpracuje přijatý signál a vyšle sekundární bepilotní letoun na místo.

Při tomto způsobu monitorování nejsou vytvořeny dvojice primární - sekundární bepilotní letoun. K tomuto způsobu monitorování zadané oblasti slouží pouze 3 UAV. To znamená, že ve vzduchu jsou dva primární bepilotní letouny. Pokud UAV1 nebo UAV2 zachytí na svém území pohyb nepovolané osoby, vystartuje sekundární bepilotní letoun - UAV3. Zamíří na GPS souřadnice přijaté od primárního bepilotního letounu. Zde provede monitoring pomocí

svých senzorů. Bezpilotní letoun UAV3 je vybaven kvalitnější technikou - termokamerou, která umožňuje na základě výše zmíněného principu rozeznat nepřátele, a výkonným odposlouchávačem. Na základě toho vyhodnotí nastalou situaci a výsledek z průzkumu vyšle do řídicí stanice. Primární bezpilotní letoun nepřestává při rozpoznání osoby s monitorováním, ale pokračuje dále po svém trase. Pokud najde další osobu ve svém sektoru, po dokončení monitorování a vyhodnocení sekundární bezpilotní letoun (UAV3) letí na nové místo určení.

V tomto způsobu monitorování může dojít k situaci, kdy oba primární bezpilotní letouny UAV1 a UAV2 rozpoznají v současném okamžiku lidské osoby, poté pozemní řídicí stanice vyhodnotí přijaté GPS souřadnice a sekundární bezpilotní letoun UAV3 zamíří na to místo, ke kterému je to blíže.

Použití tohoto způsobu monitorování, při kterém se na monitorování podílí pouze tři bezpilotní letouny a prostor je rozdělen na poměrně velké dva sektory, je výhodné pouze v těch místech, při kterých nepotřebujeme tak intenzivní hlídání území. Primární letouny mají dlouhou trasu letu, kterou musí proletět. Proto zde může nastat možnost, kdy potenciální narušitel projde prostorem bez povšimnutí. Za zmínku stojí, že tento systém monitorování je nejjednodušší způsob. Je proto i finančně nejméně nákladný z typů monitorování, které jsou v této kapitole dále popsány. Samozřejmostí je nutnost výškové separace alespoň sekundárního bezpilotního letounů od primárních bezpilotních letounů.

funkční závislosti UAV:

$f_{UAV1} = (h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV2} = (h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV3} = (h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV1/UAV2})$

výhody:

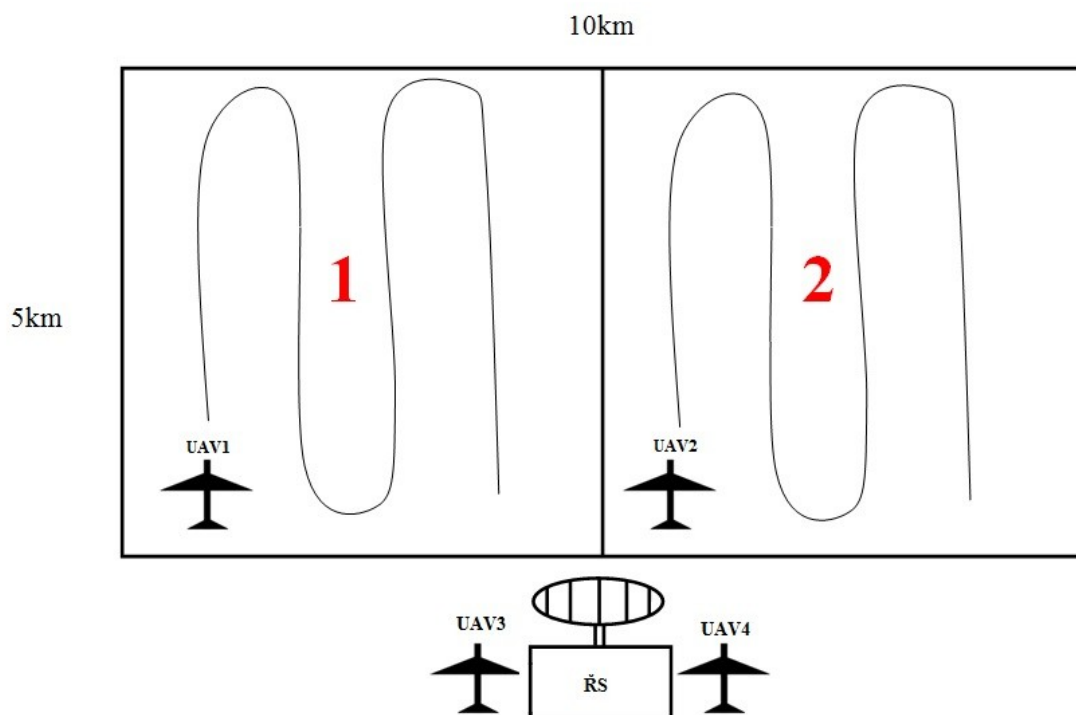
- malý počet UAV, tzn. nižší HW i SW nároky
- nejmenší finanční náklady na realizaci a provoz v porovnání s ostatními způsoby
- nenáročné na koordinaci UAS

nevýhody:

- velká plocha na jedno UAV
- dlouhý časový úsek mezi opětovným monitoringem téhož místa
- vysoká možnost průniku narušitele
- potencionální možnost neschopnosti vzájemné komunikace mezi UAV a ŘS z důvodu větší vzdálenosti

5.2 Monitorování s použitím 4 UAV - 2 sektory

K monitorování bude sloužit plocha o rozměrech 5x10km. Celý systém UAS tvoří 4 bezpilotní letouny. Ve vzduchu budou nepřetržitě 2 UAV. Ty mají rozdělenou příslušnou plochu na dva sektory, přičemž se každý z UAV pohybuje ve svém prostoru. To znamená, že na jeden bezpilotní letoun připadá plocha o rozměru 5x5km, kterou bude sledovat a monitorovat.



Obr. 5.2 - Monitorování plochy rozdělené na 2 sektory

Dva bezpilotní letouny, které slouží k primárnímu monitorování (UAV1 a UAV2), jsou vybaveny kamerou pro noční vidění a citlivým zařízením pro odposlech. Pohybují se po předem stanovené trase. Při letu po ní skenují prostor svými senzory. Úkolem těchto dvou bezpilotních letounů je rozpoznat v prostoru lidskou postavu a případného narušitele. Pokud dojde k takovému případu a UAV1 nebo UAV2 zachytí pohyb, vyšle příslušný bezpilotní letoun signál do řídicí stanice. Signál obsahuje GPS souřadnice, kde primární UAV objevil potenciálního narušitele. Řídicí stanice zpracuje přijatý signál a vyšle sekundární bezpilotní letoun na místo.

Je třeba uvést, že v tomto způsobu monitorování pomocí 4 bezpilotních letounů jsou vytvořeny dvojice UAV, které jsou spolu spárovány. Pro UAV1 je to UAV3 a pro UAV2 je to UAV4. V praxi to znamená, že UAV1 prolétává neustále dokola svou oblast. Pokud svými senzory zachytí potenciálního narušitele, vyšle signál do řídicí stanice. Ta vydá příkaz UAV3, aby vzlétl a letěl na místo určení UAV1. Zde provede monitoring pomocí svých senzorů. Bepilotní letoun UAV3 (UAV4) je vybaven kvalitnější technikou - termokamerou, která umožňuje na základě výše zmíněného principu rozeznat nepřátele, a výkonným odposlouchávačem. Na základě toho vyhodnotí nastalou situaci a výsledek z průzkumu vyšle do řídicí stanice. Během této činnosti UAV3 se UAV1 nezastavuje, ale pokračuje nadále po

své trase dál. Pokud zachytí dalšího narušitele, vyšle opět signál ŘS. Ta přepošle signál do UAV3 a toto UAV3 přiletí po skončení předchozí činnosti na nové místo určení. Pokud UAV1 nezachytí další lidskou postavu, UAV3 je příkazem z řídicí stanice posláno zpět na zem. Toto schéma řízení platí i pro druhou dvojici bezpilotních letounů, tedy UAV2 - UAV4.

Monitorování takto relativně velkého prostoru, který je rozdělen do dvou sektorů, je časově náročné. Než dojde k opětovnému prozkoumání stejného místa, uběhne poměrně dlouhá doba. Toto řešení je proto vhodné pro území, které není třeba tak pečlivě kontrolovat.

funkční závislosti:

$f_{UAV1}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV2}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV3}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV1})$

$f_{UAV3}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV2})$

výhody:

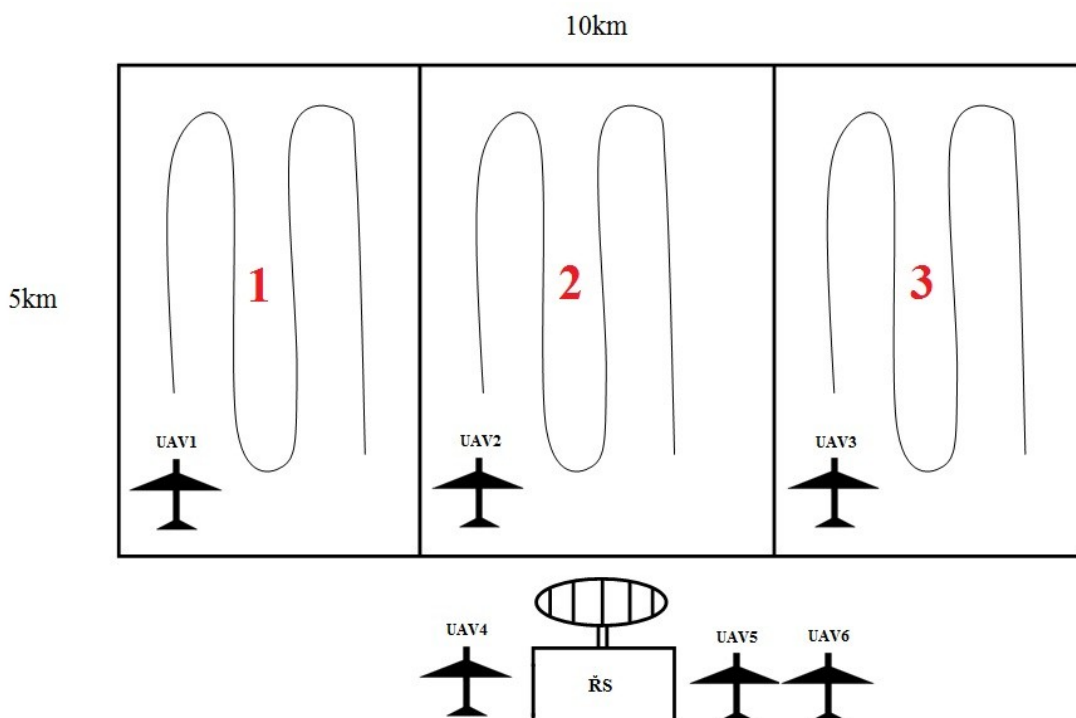
- poměrně malý počet UAV, tzn. nižší HW i SW nároky
- levnější způsob řešení
- nenáročné na koordinaci UAS

nevýhody:

- poměrně velké území na jedno UAV
- dlouhý časový úsek mezi opětovným monitoringem téhož místa
- vyšší možnost průniku narušitele
- možnost neschopnosti vzájemné komunikace mezi UAV a ŘS z důvodu větší vzdálenosti

5.3 Monitorování s použitím 6 UAV - 3 sektory

Monitorována bude plocha obdélníkového tvaru o rozměrech 5x10km. Změnou oproti předchozímu provedení je rozdělení prostoru do tří sektorů. Při tomto provedení je použito 6 kusů bezpilotních letounů. V předchozím případě bylo k monitorování použito pouze 4 UAV. V každém ze tří sektorů se pohybuje jeden bezpilotní letoun. To znamená, že každému ze tří bezpilotních letounů připadá území o rozloze 5x3,3km, kterou bude monitorovat a sledovat.



Obr. 5.3 - Monitorování plochy rozdělené na 3 sektory

V tomto systému monitorování jsou taktéž dvojice bezpilotních letounů, které jsou spolu spárovány. Pro UAV1 je to UAV4, pro UAV2 je to UAV5 a pro UAV3 je to UAV6. První tři bezpilotní letouny jsou primární, ty nepřetržitě monitorují každý svůj sektor. Jsou vybaveny kamerou pro noční vidění a citlivým zařízením pro odposlouchávání na dálku. Sekundární bezpilotní letouny (UAV4, UAV5 a UAV6) jsou vybaveny kvalitnější technikou. Jsou vybaveny termokamerou, která umožňuje rozpoznávat lidské osoby od okolí na základě tepla, které vyzařují, a výkonným odposlouchávacím zařízením.

Pokud bezpilotní letoun UAV1 zachytí v sektoru číslo 1 svými senzory lidskou osobu, vyšle GPS souřadnice s pozicí této osoby do řídicí stanice. Ta zpracuje přijatý signál a dá

pokyn UAV4 ke startu. Bezpilotní letoun zamíří na místo, kde byl zachycen pohyb lidské osoby. Zde provede monitoring pomocí svých senzorů a vyšle zpět do řídicí stanice výsledky svého skenování. Pokud jsou pozitivní a je zjištěno, že se skutečně jedná o narušitele, řídicí stanice zalarmuje příslušné složky. Bepilotní letoun jakmile zachytí lidskou osobu ve svém sektoru nepřestane s dalším monitorováním, ale pokračuje dál po své trase. Je-li nalezena další osoba, UAV1 opět vyšle signál s varováním do řídicí stanice a ta předa informace k UAV4. Ten se přesune po skončení předchozího monitorování na nové místo určení. Pokud UAV1 již nenajde během této doby dalšího narušitele, řídicí stanice vyšle pokyn do bezpilotního letounu UAV4 k návratu zpět na zem. UAV4 je tedy sekundární bezpilotní letoun, který se dostane do vzduchu pouze v případě, objeví-li UAV1 lidskou postavu v sektory číslo 1. Na stejném principu pracují i zbylé dvě dvojice bezpilotních letounů.

Rozdělením prostorů do tří sektorů dojde k zvýšení intenzity monitorování celkového prostoru. Je zde také zapojeno do monitorování více bezpilotních letounů. Tento systém monitorování je rozumný kompromis mezi předešlým a nadcházejícím provedením. Celkový systém UAS je již sice složitější, ale stále poměrně přehledný a rychlý. Nalezení potencionálního narušitele je zde rychlejší než v předchozím způsobu vyhledávání.

funkční závislosti:

$f_{UAV1}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV2}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV3}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV4}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV1})$

$f_{UAV5}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV2})$

$f_{UAV6}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV3})$

výhody:

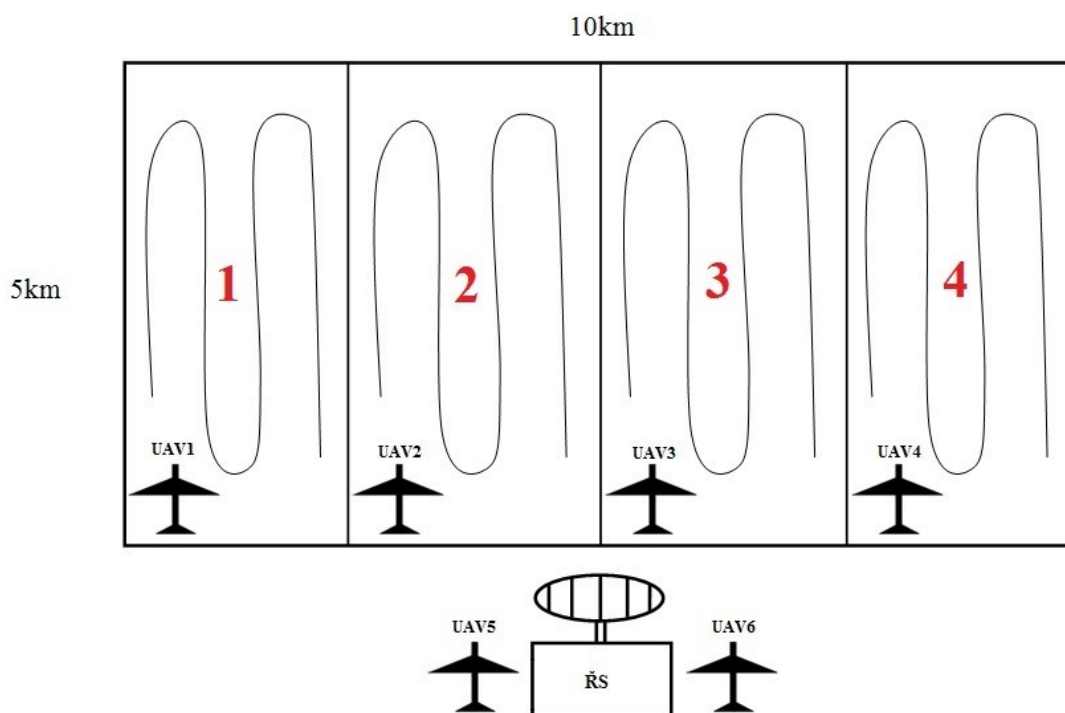
- vyšší intenzita monitorování, menší pravděpodobnost průniku narušitele
- každé primární UAV má své sekundární UAV
- celkový systém UAS není ještě tak složitý z hlediska algoritmu
- nižší pravděpodobnost narušení komunikace UAS z důvodu vyššího pokrytí oblasti

nevýhody:

- vyšší počet UAV, tzn. vyšší pořizovací a provozní náklady
- vyšší pravděpodobnost srážky, nutnost vertikální separace jednotlivých UAV

5.4 Monitorování s použitím 6 UAV - 4 sektory

Plocha určená k monitorování má obdélníkový tvar o rozměru kratší strany 5km, delší strana má délku 10km. V tomto případě je prostor rozdělen do čtyř sektorů. Počet bezpilotních letounů zůstává stejně jako v předchozím případě šest. V každém ze čtyř sektorů se pohybuje jeden primární bezpilotní letoun. Každému UAV tudíž připadá prostor pro monitorování o rozměrech 5x2,5km.



Obr. 5.4 - Monitorování plochy rozdělené na 4 sektory

Při tomto způsobu monitorování již nejsou rozděleny bezpilotní letouny na dvojice. Dalo by se ale mluvit o jakési trojici. Pro dvojici primárních bezpilotních letounů UAV1 a UAV2 je zde připraven sekundární bezpilotní letoun UAV5. Druhou trojici tvoří primární letouny UAV3 a UAV4. Ty nepřetržitě monitorují své sektory a zjišťují, zda-li se v jejich sektoru nenachází narušitel. K nim je přiřazen sekundární bezpilotní letoun UAV6. Primární letouny jsou vybaveny kamerou pro noční vidění a systémem pro odposlouchávání. Sekundární jsou vybaveny termokamerou a citlivým odposlouchávacím zařízením.

V podstatě by se dalo říct, že celková plocha je rozdělena na dva hlavní sektory, ty jsou poté rozděleny každý na dva podsektory. Bzpilotní letoun UAV1 monitoruje v sektoru číslo 1. Naopak UAV2 monitoruje ve druhém sektoru. Pokud během monitorování nalezne UAV1 ve svém sektoru potenciálního narušitele, vyšle signál do řídicí stanice. Ta zpracuje signál a odešle spolu s pokynem ke startu také souřadnice GPS do sekundárního UAV5. Ten vystartuje a letí k místu určení. Stejně jako v předchozích případech, UAV1 pokračuje dále po své trase a nepřestává monitorovat svůj sektor. Je zde ale také možnost, že během svého monitorování UAV2 ve svém sektoru najde potenciálního narušitele. V tomto případě také neprodleně vyšle signál do řídicí stanice s žádostí o vyslání UAV5. Ten vystartuje na místo určení pomocí UAV2.

Jestliže je již sekundární UAV5 na místě, které určilo UAV1 nebo UAV2, provede monitorování nalezené osoby a výsledek odešle neprodleně do řídicí stanice. Pokud po skončení monitoringu UAV5 nepříjde z ŘS příkaz k letu k novému cíli, které určilo UAV1 nebo UAV2, sekundární bezpilotní letoun UAV5 se vrací zpět na zem na výchozí pozici.

Ve velice nepravděpodobné situaci může nastat stav, kdy oba primární bezpilotní letouny UAV1 a UAV2 naleznou v současném okamžiku osobu každý ve svém vlastním sektoru. V takovémto případě dojde v řídicí stanici k porovnání souřadnic GPS. Automaticky vyšle signál k sekundárnímu bezpilotnímu letounu UAV5 signál, aby vyrazil do bližšího sektoru. Pokud je druhý sekundární bezpilotní letoun na zemi a je připraven ke vzletu, řídicí signál mu vyšle signál se souřadnicemi GPS k druhému rozpoznanému cíli. Toto řešení zvyšuje celkovou efektivitu systému.

Rozdělením prostoru do čtyřech sektorů dojde k velmi vysoké intenzitě sledování celkového prostoru. Primární UAV prolétávají relativně malý prostor, takže jej dokážou za

stejnou časovou jednotku prozkoumat vícekrát. Avšak tento systém je složitý na koordinaci, obsluhu a také na naprogramování pohybu a vzájemné spolupráce bezpilotních letounů. Je zde důležitá výšková separace jednotlivých UAV z důvodu velké hustoty provozu bezpilotních letounů v monitorované oblasti. Může zde také nastat možnost, při které budou do jedné poloviny oblasti povolány oba sekundární bezpilotní letouny. Je zde tedy teoretická možnost, že při zachycení třetího narušitele nebude v danou chvíli k dispozici žádná sekundární UAV a dojde tak ke zpoždění celého systému.

funkční závislosti UAV:

$f_{UAV1}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV2}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV3}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV4}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV5}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV1/UAV2})$

$f_{UAV6}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV3/UAV4})$

výhody:

- kvalitní zabezpečení oblasti
- malé časové úseky mezi jednotlivými průlety nad stejným místem
- vhodné pro místa, které je třeba kvalitně zabezpečit

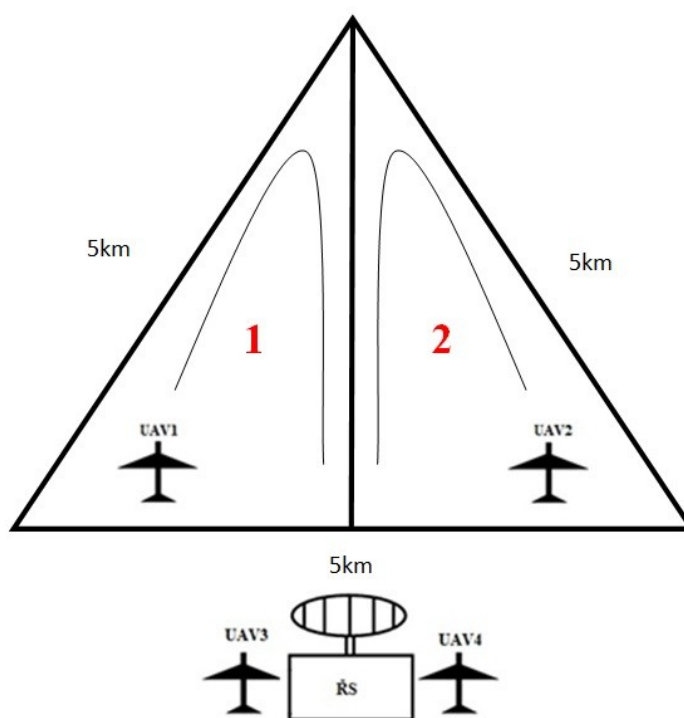
nevýhody:

- finančně náročné řešení
- vysoké nároky na HW a SW
- vysoké požadavky na kvalitní algoritmus, velký počet možných chyb
- nutnost rozhodnout, zda-li je vhodné povolat druhé sekundární UAV ze sousedního sektoru

5.5 Monitorování trojúhelníkového prostoru - 4 UAV

Do této doby jsem se zabýval různými možnostmi monitorování prostoru, který má obdélníkový tvar. Je to nejtypičtější tvar pro území, není ale pravidlem, že prostor bude vždy tohoto tvaru. Proto zde uvedu možnosti monitorování a pohybu bezpilotních letounů ve trojúhelníkovém prostoru.

K monitorování jsem zvolil rovnostranný trojúhelník s délkou strany 5km. Prostor rozdělíme na dva sektory, přičemž tak vytvoříme dva menší prostory trojúhelníkového tvaru. Tyto dva menší trojúhelníky již ale nebudou rovnostranné, budou mít ale shodné délky stran. Délka přepony bude stále 5km, spodní strana bude rozdělena na dvě totožné délky, tudíž bude mít po rozdělení na sektory délku 2,5km. Výška trojúhelníka bude pro oba sektory totožná. Bude mít délku 4,33km. V obou sektorech se pohybuje primární bezpilotní letoun, který má za úkol výše popsany sektor monitorovat.



Obr. 5.5 - Monitorování trojúhelníkové plochy se 2 sektory

Jak již bylo řečeno výše, při tomto způsobu monitorování je trojúhelníkový prostor rozdělen na dva totožné sektory. V obou sektorech se pohybují primární bezpilotní letouny. Na zemi mají oba bezpilotní letouny přiřazené sekundární bezpilotní letouny, které jsou připraveny vystartovat do vzduchu, najdou-li primární UAV ve svém sektoru lidskou osobu. Platí tedy, že bezpilotní letoun tvoří dvojice. První dvojici tvoří bezpilotní letouny UAV1-

UAV3 a druhá dvojice je tvořena UAV2-UAV4. Primární UAV jsou vybaveny kamerou pro noční vidění a citlivým zařízením pro odposlouchávání na dálku. Sekundární bezpilotní letouny UAV jsou vybaveny termokamerou, která umožňuje rozpoznávat lidi od okolí na základě tepla, které vyzařují, a výkonným odposlouchávacím zařízením.

Jestliže bezpilotní letoun UAV1 během monitorování zachytí pomocí svých senzorů lidskou postavu v sektoru číslo 1, vyšle do pozemní řídicí stanice GPS souřadnice o pozici lidské osoby. Ta zpracuje přijatý signál a vyšle pokyn k sekundárnímu bezpilotnímu letounu UAV3, aby odstartoval. Sekundární bezpilotní letoun zamíří na místo, kde byl zachycen pohyb lidské osoby. Zde provede monitoring pomocí svých senzorů a vyšle zpět do řídicí stanice výsledky svého skenování. Pokud jsou pozitivní a je zjištěno, že se skutečně jedná o narušitele, řídicí stanice zalarmuje příslušné složky. Primární bezpilotní letoun UAV1 po zachycení lidské osoby ve svém sektoru a po odeslání GPS souřadnic do řídicí stanice pokračuje dále po předem naprogramované trase a pokračuje v monitorování. Pokud najde další lidskou osobu ve svém sektoru, vyšle opět signál do řídicí stanice a odešle nové GPS souřadnice. Řídicí stanice opět zpracuje přijatá data a vyšle do UAV3 pokyn k přesunu na novou pozici. Sekundární bezpilotní letoun dokončí monitoring pomocí svých přístrojů na výchozí pozici, odešle informace o řídicí stanice a poté se přemístí na nové místo určení. Zde provede tutéž činnost. Pokud primární bezpilotní letoun UAV1 již nenajde další lidskou osobu ve svém sektoru, pozemní řídicí stanice vyšle signál k sekundárnímu bezpilotnímu letounu UAV3, aby se vrátil zpět na zem do výchozí pozice. Stejným způsobem pracuje UAS i pro druhou dvojici bezpilotních letounů, tedy UAV2-UAV4.

Monitorování prostoru trojúhelníkového tvaru patří mezi méně obvyklé. Většinou jsou prostory čtvercového nebo obdélníkového tvaru. Jako nejvýhodnější řešení se jeví rozdělit trojúhelníkovou plochu na více menších trojúhelníkových sektorů. Tento systém využívá pro monitorování celkem čtyři bezpilotní letouny. Intenzita monitorování a s tím i související kvalita zabezpečení závisí na velikosti trojúhelníkové plochy. V našem případě jsou plochy přijatelných velikostí, zabezpečení prostrou by tedy mělo být dostatečné.

funkční závislosti:

$f_{UAV1} = (h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{přikazy z } \check{R}S)$

$f_{UAV2} = (h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{přikazy z } \check{R}S)$

$f_{UAV3}=(h \text{ letu, } s \text{ letu, GPS souřadnice, } v \text{ letu, příkazy z ŘS, poloha hledané osoby odeslána z UAV1})$

$f_{UAV3}=(h \text{ letu, } s \text{ letu, GPS souřadnice, } v \text{ letu, příkazy z ŘS, poloha hledané osoby odeslána z UAV2})$

výhody:

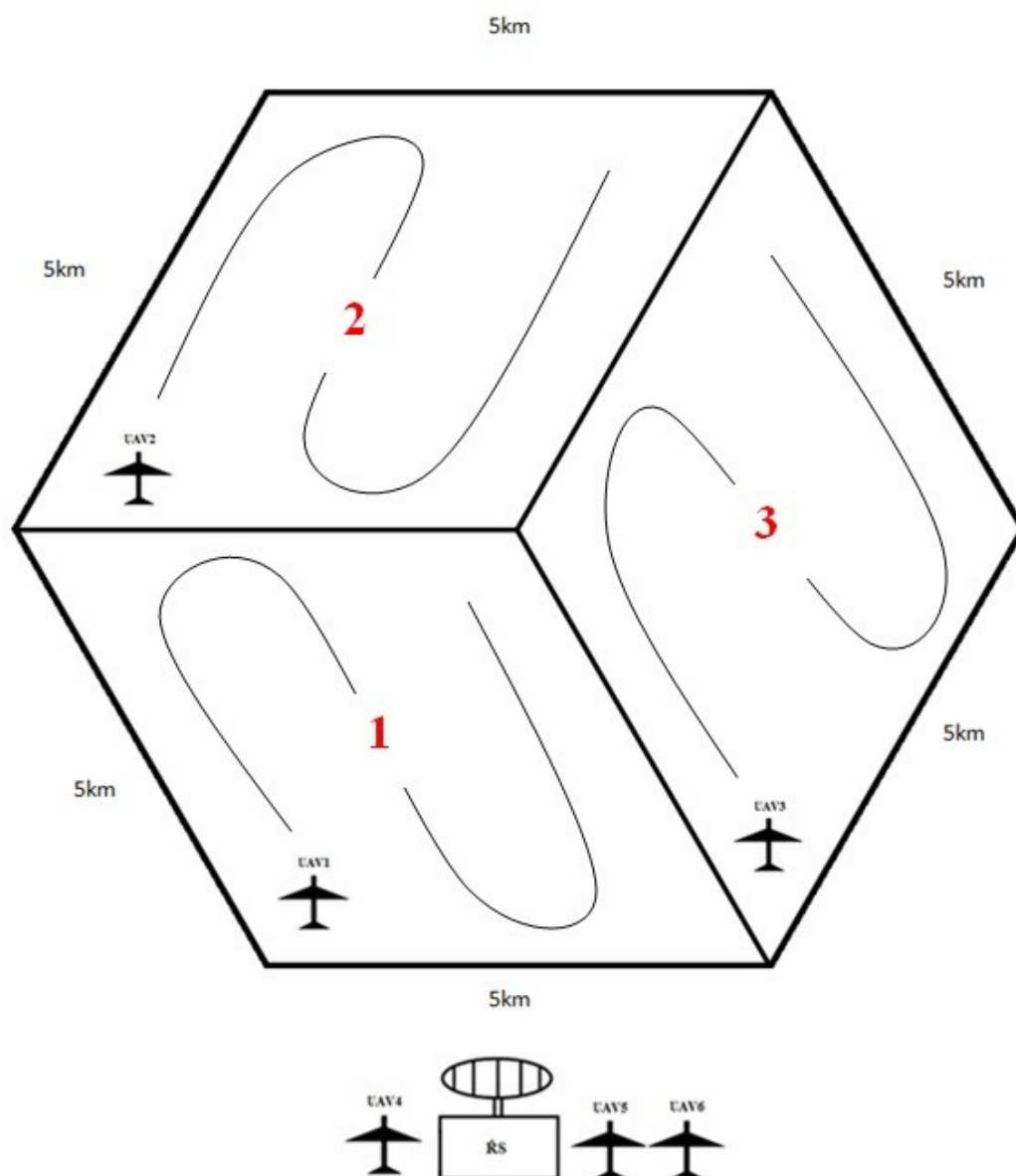
- jednoduché rozdělení prostoru do dvou menších sektorů
- relativně dobrá intenzita monitorování prostoru
- každé primární UAV má své sekundární UAV
- celý monitorovací systém UAS není složitý
- jednodušší algoritmy pohybu UAV

nevýhody:

- netypický tvar plochy
- složitější trasy pohybů primárních UAV
- z toho plyne možnost srážky UAV, nutnost vertikální separace

5.6 Monitorování šestiúhelníkového prostoru - 6 UAV

V této podkapitole se budu věnovat dalšímu netypickému tvaru plochy, která by se mohla monitorovat. Nicméně setkat se se šestiúhelníkovým pozemkem nebo plochou je nepravděpodobné. Jako příklad uvedu pravidelný šestiúhelník. Délka strany pravidelného šestiúhelníku bude 5km, jedná se tedy o poměrně velkou plochu, kterou je třeba monitorovat. Tuto plochu tedy proto rozdělíme na tři stejné sektory. Z vlastností o pravidelném šestiúhelníku zjistíme, že ho lze rozdělit na tři totožné kosočtverce. Každý z těchto pravidelných kosočtverců bude mít délku stran 5km. Takto velký prostor tedy rozdělíme na tři, již přijatelně malé sektory, které jsou vhodnější pro monitorování a zabezpečení. Tímto rozdělením také vzniknou plochy jednodušších tvarů, u kterých bude trasa primárních bezpilotních letounů jednodušší.



Obr. 5.6 - Monitorování šestiúhelníkové plochy se 3 sektory

Šestiúhelníkovou plochu tedy rozdělíme na tři sektory o stejných velikostech. Vzniknou tak tři totožné sektory. V každém ze tří sektorů se pohybuje jeden primární bezpilotní letoun, přičemž každý má na zemi svůj sekundární bezpilotní letoun. Celkem se na monitorování podílí šest UAV, jsou vytvořeny tedy tři dvojice těchto bezpilotních letounů. První dvojice tvoří UAV1-UAV4, druhou UAV2-UAV5 a třetí pak tvoří UAV3-UAV6. Primární bezpilotní letouny jsou neustále ve vzduchu a létají každý ve svém sektoru po předem naprogramované trase a na zemi čekají na povel k vystartování jejich přidružené sekundární bezpilotní letouny. Primární UAV jsou vybaveny kamerou pro noční vidění a citlivým zařízením pro

odposlouchávání na dálku. Sekundární bezpilotní letouny UAV jsou vybaveny termokamerou, která umožňuje rozpoznávat lidi od okolí na základě tepla, které vyzařují, a výkonným odposlouchávacím zařízením.

Pokud primární bezpilotní letoun UAV1 během monitorování rozpozná ve svém sektoru lidskou osobu, vyšle signál o nalezení lidské osoby do pozemní řídicí stanice a současně s touto informací odešle GPS souřadnice s polohou, kde byla tato osoba nalezena. Pozemní řídicí stanice vyšle signál do sekundárního bezpilotního letounu UAV4, aby okamžitě odstartoval. Sekundární bezpilotní letoun zamíří na místo, kde byl zachycen pohyb lidské osoby. Zde provede monitorování pomocí svých senzorů, poté vyšle zpět do pozemní řídicí stanice výsledky svého monitorování. Pokud jsou pozitivní a je zjištěno, že se skutečně jedná o narušitele, řídicí stanice zalarmuje příslušné složky. Po zachycení lidské osoby ve svém sektoru primární bezpilotní letoun UAV1 nepřestane s monitorováním, ale pokračuje dále po předem naprogramované trase letu a provádí další monitoring svého sektoru. Pokud při svém monitorování najde další lidskou osobu, opět vyšle signál do pozemní řídicí stanice. Ta signál zpracuje a vyšle pokyn do sekundárního bezpilotního letounu UAV4, aby zamířil na nové místo určení. UAV4 tedy dokončí aktuální monitoring a poté neprodleně zamíří na nové místo určení, které mu poslala řídicí stanice v podobě GPS souřadnic. Zde opět provede stejnou proceduru jako při předchozím monitorování. Pokud primární bezpilotní letoun UAV1 již nenajde další lidskou osobu ve svém sektoru, pozemní řídicí stanice vyšle signál k sekundárnímu bezpilotnímu letounu UAV4, aby se vrátil zpět na zem do výchozí pozice. Stejným způsobem pracuje systém UAS i pro zbývající dvě dvojice bezpilotních letounů UAV2-UAV4 a UAV3-UAV6.

Zabezpečení a celkové monitorování prostoru o tvaru pravidelného šestiúhelníku je velice nepravděpodobné. Nicméně může se stát, že bude třeba zabezpečit pomocí UAS i takovýto prostor. U pravidelného šestiúhelníku se jeví jako nejpraktičtější rozdělit tento útvar na tři stejné sektory. Tyto sektory budou mít tvar pravidelného kosočtverce. Z tohoto důvodu využívá UAS pro tento druh monitorování celkem šest bezpilotních letounů. Pokud zvolíme stranu šestiúhelníku o délce 5km, celková plocha našeho prostoru bude velmi velká. Po rozdělení do tří sektorů dojde ke zmenšení prostoru, které je třeba monitorovat pomocí jednoho UAV. Tyto plochy jsou již pak dostatečně malé a jsou tak řádně zabezpečeny. Intenzita monitorování a intenzita mezi jednotlivými přelety bezpilotních letounů nad tímtéž místem je relativně velká.

funkční závislosti:

$f_{UAV1}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV2}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV3}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS})$

$f_{UAV4}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV1})$

$f_{UAV5}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV2})$

$f_{UAV6}=(h \text{ letu}, s \text{ letu}, \text{GPS souřadnice}, v \text{ letu}, \text{příkazy z ŘS}, \text{poloha hledané osoby odeslána z UAV3})$

výhody:

- složitý prostor je rozdělen na tři jednoduché útvary
- relativně dobrá intenzita monitorování prostoru
- každé primární UAV má své sekundární UAV

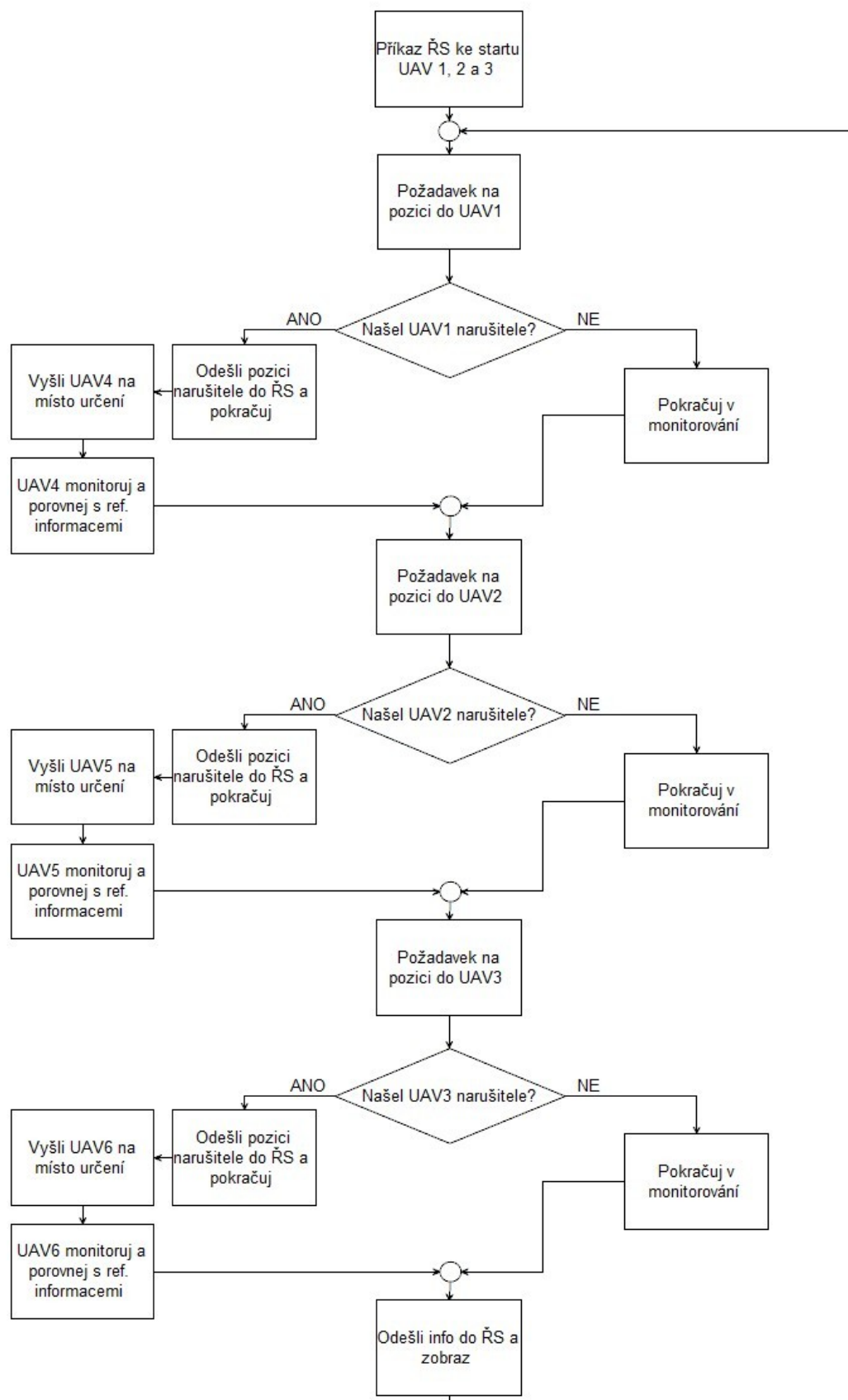
nevýhody:

- netypický tvar plochy
- složitost systému na koordinaci
- složitý algoritmus pro pohyb celkového systému UAS
- nutnost vertikální separace UAV
- finančně nákladné

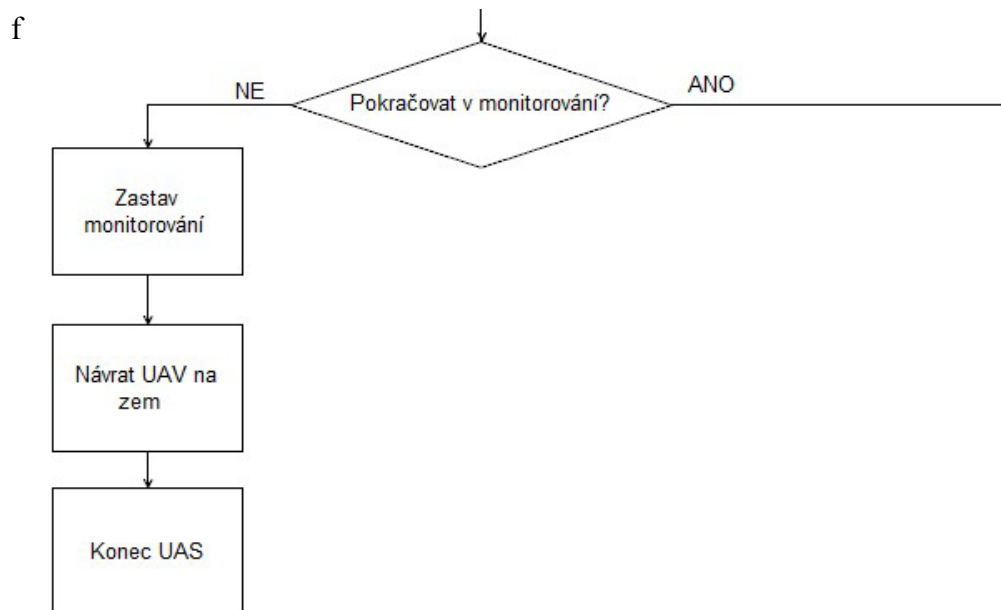
6 Algoritmus pro UAS

Pro popsání vlastního algoritmu jsem vybral možnost UAS, kdy je monitorovaná plocha rozdělena na tři části a na monitorování se podílí 6 bezpilotních letounů. Ve vzduchu jsou tři bezpilotní letouny, přičemž každý monitoruje území o rozloze 5x3,3 km. Tato možnost nabízí kompromis mezi dalšími dvěma zmíněnými způsoby monitorování prostoru obdélníkového tvaru. Pokrytí terénu je dostatečné, taktéž frekvence monitorování stejného místa je dostatečná a celkový systém UAS v tomto způsobu není ještě tak složitý.

Samotný algoritmus je znázorněn pomocí vývojového diagramu, který je přehledný a lze si z něj ihned představit, co UAS v každém okamžiku dělá. Níže jsou pak rozepsány dopodrobna jednotlivé kroky algoritmu a slovně rozepsáno, co v daný okamžik systém dělá. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3, tento algoritmus není ideální a vždy teoreticky existuje možnost, jak jej vylepšit, zjednodušit a nebo urychlit.



Obr. 6.1 - Algoritmus pro UAS, část 1



Obr. 6.2 - Algoritmus pro UAS, část 2

Algoritmus začíná povelom "Příkaz ŘS ke startu UAV 1,2 a 3." V tomto bloku vydá řídicí stanice signál bezpilotnímu letounu UAV1, UAV2 a UAV3, aby vystartoval ze země. Bepilotní letouny mají rozdělené území na své sektory, které budou monitorovat. Do všech tří bepilotních letounů jsou odeslány trasy jejich letů, které mají dodržovat během monitorování. Jak je možno vidět na diagramu, z tohoto bloku pokračuje šipka do slučovacího členu, do kterého je zavedena i zpětná vazba, o té je uvedeno více informací níže. Ze slučovacího členu pak dále pokračuje algoritmus do dalšího funkčního bloku.

V bloku "Požadavek na pozici do UAV 1" dojde k odeslání informací ze řídicí stanice do bepilotního letounu a naopak. Informace obsahují předem naprogramovanou trasu letu UAV1, kterou bude po celou dobu monitorování dodržovat. Tato trasa je navrhnutá tak, aby co nejefektivněji pokryla zadaný sektor pro UAV1. V tomto kroku algoritmu dochází také k ověření, zda-li se bepilotní letoun neodklonil od své předem naplánované trasy. Z tohoto bloku dále vychází šipka a algoritmus pokračuje k rozhodujícímu bloku.

Rozhodující blok "Našel UAV1 narušitele?" slouží k rozhodnutí, zda-li příslušný bepilotní letoun skutečně během daného časového úseku, než algoritmus opět proběhne znovu, našel během svého pátrání potencionálního narušitele nebo ne. Jak je možno vidět, z rozhodovacího bloku nevychází jedna šipka, ale dvě. První větev slouží pro kladnou odpověď,

tedy ANO. Druhá větev naopak slouží pro zápornou odpověď na dotaz, tedy NE. Algoritmus pokračuje dále pokračuje:

- a) Větev NE - pokud UAV1 nenajde narušitele, algoritmus pokračuje na možnost "Pokračuj v monitorování." Celkový UAS tedy pokračuje v běžném režimu a UAV1 pokračuje v monitorování svého sektoru. Algoritmus pak dále pokračuje do slučovacího členu.
- b) Větev ANO - pokud UAV1 najde narušitele, algoritmus pokračuje levou větví na blok "Odešli pozici narušitele do ŘS a pokračuj." Během vykonávání tohoto bloku dojde ke kontaktování řídicí stanice bezpilotním letounem UAV1. Ten vyšle do pozemní řídicí stanice GPS souřadnice s pozicí narušitele. Bězpilotní letoun UAV1 poté pokračuje dále ve své trase a i nadále monitoruje svůj sektor.

Algoritmus poté pokračuje do dalšího funkčního bloku "Vyšli UAV4 na místo určení." V tomto kroku algoritmu dojde k vyhodnocení přijatých informací do ŘS z bezpilotního letounu UAV1. Pozemní řídicí stanice pak dá pokyn UAV4, aby vzlétl do vzduchu a zároveň mu vyšle signál se souřadnicemi GPS, kam má UAV4 letět provést ověření, zda-li jde skutečně o narušitele, či nikoliv.

Po tomto kroku algoritmus pokračuje na blok "UAV4 monitoruj a porovnej s referenčními informacemi." Zde po přiletu na požadované GPS souřadnice provede bezpilotní letoun monitorování pomocí svých zařízení. Poté porovná shromážděné informace s referenčními informacemi. Pro identifikaci, zda-li se skutečně jedná o narušitele, či nikoliv, bude sloužit identifikace pomocí TIP - Tepelného identifikačního panelu. Po dokončení monitorování UAV4 odešle informace o svém monitorování do pozemní řídicí stanice. Pokud bylo ověření pomocí UAV4 negativní, celý systém UAS se již této osobě nevěnuje. Jestliže ale došlo k potvrzení, že se skutečně jedná o narušitele, řídicí stanice kontaktuje obsluhu UAS a jsou zavedeny příslušné opatření. Algoritmus poté pokračuje po levé větvi až ke slučovacímu členu. Zde se obě větve opět sbíhají a algoritmus již pak dále pokračuje v jedné větvi.

Po slučovacím členu algoritmus pokračuje dál na blok "Požadavek na pozici do UAV2." V tomto kroku dochází ke stejné situaci jako v tomtéž kroku pro UAV1. Do pozemní řídicí stanice je odeslána poloha bezpilotního letounu včetně jeho trasy, kterou letí a je ověřena s

původní zadanou trasou, zda-li nedošlo k nečekanému odklonění UAV2 od své plánované trasy letu.

Algoritmus poté dále pokračuje po vyznačeném směru ve vývojovém diagramu k rozhodovacímu bloku "Našel UAV2 narušitele?" V tomto rozhodovacím členu dochází k analyzování informací z bezpilotního letounu UAV2. Pokud bezpilotní letoun našel v daném časovém úseku při monitorování narušitele, algoritmus pokračuje směrem doleva po větvi ANO. Naopak pokud bezpilotní letoun nenašel v daném časovém úseku narušitele, algoritmus se vydá dále doprava po rozhodovací větvi NE. Postup algoritmu po rozhodovacím bloku:

- a) Větev NE - jestliže bezpilotní letoun UAV2 nenašel narušitele ve svém sektoru, algoritmus pokračuje po větvi NE dále do bloku "Pokračuj v monitorování." Systém UAS tedy pokračuje v běžném režimu a bezpilotní letoun dále pokračuje v monitorování. Algoritmus dále pokračuje do slučovacího členu.
- b) Větev ANO - pokud dojde k nálezu narušitele pomocí UAV2, algoritmus se vydá do levé větve a pokračuje na blok "Odešli pozici narušitele do ŘS a pokračuj." UAV2 tedy odešle do ŘS údaje o GPS poloze narušitele. Bepilotní letoun UAV2 poté dále pokračuje dále po své naprogramované trase a nepřestává prohledávat svůj sektor.

Jak je možné vidět na uvedeném vývojovém diagramu, algoritmus poté pokračuje dále do funkčního bloku "Vyšli UAV5 na místo určení." Během tohoto funkčního bloku algoritmu dojde k vydání pokynu od pozemní řídicí stanice k bezpilotnímu letounu UAV5, aby okamžitě vzlétl. Zároveň mu jsou poslány informace o poloze GPS narušitele. Bepilotní letoun tedy ví okamžitě, kam má zamířit.

Po vzletu UAV5 pokračuje algoritmus na další blok, ten se nazývá "UAV5 monitoruj a porovnej s referenčními informacemi." Po přiletu UAV5 na místo určení zahájí bezpilotní letoun monitorování zaměřeného cíle pomocí termokamery a odposlechem. Poté porovná shromážděné informace s referenčními informacemi. Pro identifikaci, zda-li se skutečně jedná o narušitele, či nikoliv, bude sloužit identifikace pomocí TIP - Tepelného identifikačního panelu. Až UAV5 dokončí monitorování a ověřování, odešle výsledky do ŘS. Pokud UAV5 potvrdil, že se skutečně jedná o nepovolanou osobu, řídicí stanice kontaktuje obsluhu UAS a ta poté zavede příslušné opatření. Jestliže UAV5

vyvrátil, že se jedná o neoprávněnou osobu na tomto území, systém UAS pokračuje dále a již se nevěnuje této osobě. Algoritmus pokračuje do slučovací větve.

Po průchodu algoritmu slučovacím členem má již algoritmus pouze jednu možnost cesty. Pokračuje dále do bloku "Požadavek a pozici do UAV3." Do pozemní řídicí stanice je odeslána poloha bezpilotního letounu i s trasou, kterou letěl. Ta je ověřena s původní trasou, kterou měl bezpilotní letoun dodržovat a dojde k případné korekci kurzu a trasy UAV3.

Dále se dostáváme do rozhodovacího bloku "Našel UAV3 narušitele?" Zde dochází k analyzování informací z bezpilotního letounu UAV3. Z rozhodovacího bloku vychází dva výstupy. Záleží tedy na odpovědi. Pokud UAV3 našlo během daného časového okamžiku ve svém sektoru narušitele, algoritmus dále pokračuje po levé větvi. Pokud UAV3 nenašel ve svém sektoru během daného časového úseku narušitele, algoritmus se vydá po pravé větvi. Postup algoritmu po rozhodovacím bloku:

- a) Větev NE - jestliže UAV3 nenajde narušitele ve svém sektoru, algoritmus pokračuje na možnost "Pokračuj v monitorování." Celkový UAS tedy pokračuje v běžném režimu a UAV3 pokračuje v monitorování svého sektoru. Algoritmus pak dále pokračuje do slučovacího členu.
- b) Větev ANO - pokud dojde k nalezení narušitele v sektoru UAV3, algoritmus bude dále pokračovat do levé větve. Funkční blok "Odešli pozici narušitele do ŘS a pokračuj" znamená, že bezpilotní letoun UAV3 odešle do pozemní řídicí stanice informace o GPS poloze nalezeného narušitele. Tyto informace jsou v ŘS zpracovány. Bzpilotní letoun pokračuje dále ve své plánované trase.

Algoritmus poté dále pokračuje do dalšího funkčního kroku v pořadí. Je to blok "Vyšli UAV6 na místo určení." V tomto okamžiku dochází k odeslání signálu o startu ze řídicí stanice do bezpilotního letounu UAV6. Zároveň ŘS odešle do UAV6 souřadnice, kde se nachází hledaná osoba.

Bzpilotní letoun tedy letí na místo určení a algoritmus pokračuje dále, konkrétně na blok "UAV6 monitoruj a porovnej s referenčními informacemi." Bzpilotní letoun na GPS souřadnicích polohy provede monitorování zadaného cíle pomocí termokamery a odposlechem. Poté porovná shromážděné informace s

referenčními informacemi. Pro identifikaci, zda-li se skutečně jedná o narušitele, či nikoliv, bude sloužit identifikace pomocí TIP - Tepelného identifikačního panelu. Po dokončení monitorování UAV6 odešle informace o svém monitorování do pozemní řídicí stanice. Pokud bylo ověření pomocí UAV6 negativní, celý systém UAS se již této osobě nevěnuje. Jestliže ale došlo k potvrzení, že se skutečně jedná o narušitele, řídicí stanice kontaktuje obsluhu UAS a jsou zavedeny příslušné opatření. Algoritmus poté pokračuje po levé větvi až ke slučovacímu členu. Zde se obě větve opět sbíhají a algoritmus již pak dále pokračuje v jedné větvi.

Po slučovacím členu algoritmus pokračuje na funkční blok "Odešli info do ŘS a zobraz." Toto je nový krok v algoritmu. Při tomto kroku odešlou všechny tři bezpilotní letouny, které se podílí na zabezpečení území, informace o svém stavu. Je zde odesláno, jestli nedošlo například k poruše na některém z bezpilotních letounů, jestli nezaznamenali něco neobvyklého ve svém sektoru a informace o svých trasách a výškách letů. Řídicí informace přijaté informace zpracuje a zobrazí je na příslušných informačních displejích.

Algoritmus dále pokračuje k dalšímu rozhodovacímu členu. Tentokrát je to ale rozhodovací člen "Pokračovat v monitorování?" Tento rozhodovací člen má dva výstupy. Pokud chceme pokračovat v monitorování, algoritmus zvolí větev ANO a pomocí zpětné smyčky se vrací znovu na začátek programu, konkrétně do slučovací smyčky a funkčním blokem "Příkaz ŘS ke startu UAV 1,2 a 3." Algoritmus poté běží celý nanovo. Jestliže ale již nechceme dále pokračovat v monitorování území, v tomto rozhodovacím bloku zvolíme levou větev s možností NE. Abychom nemuseli ručně určovat, zda-li má algoritmus dále pokračovat, či nikoliv, můžeme například do algoritmu zavést časovač. Na časovači nastavíme čas, po který se má dané monitorování území provádět. Algoritmus poté bude na konci vždy vracet pomocí zpětné smyčky zpět na začátek. Po vypršení času algoritmus bude pokračovat větví NE.

Pokud se v algoritmu rozhodneme pro levou větev, algoritmus bude dále pokračovat do funkčního bloku "Zastav monitorování." V tomto momentě dojde k zastavení monitorování bezpilotními letouny. Algoritmus dále pokračuje do dalšího funkčního bloku "Návrat UAV na zem." V tomto okamžiku vydá řídicí stanice pokyn všem bezpilotním letounům, které se nachází aktuálně ve vzduchu, aby se vrátili zpět na zem na své původní stanoviště. Posledním

funkčním blokem je "Konec UAS." Zde celý algoritmus končí a systém UAS je vypnut. Pokud systém UAS opětovně zapneme, automaticky se dostaneme na začátek algoritmu.

7 Hodnocení cílů

Cílem této práce bylo analyzovat možnosti komunikace systému UAS. Komunikace vychází z informačních technologií, přesněji řečeno z topologií sítí. Bylo uvedeno několik nejvýhodnějších způsobů přenosů informací mezi jednotlivými bezpilotními letouny a řídicí stanicí v UAS.

Dalším úkolem bylo popsání pohybů bezpilotních letounů po jednotlivých územích. Nejprve byly uvedeny tři nejpravděpodobnější způsoby monitorování pomocí UAS na obdélníkové ploše. Poté byl navržen pohyb bezpilotních prostředků i po méně typických tvarech, a to po trojúhelníku a šestiúhelníku.

Z těchto možností byla vybrána jedna a na ní jsem uvedl konkrétní možnost algoritmizace pohybu UAS pomocí vývojového diagramu a poté byl postup detailně slovně rozepsán. Mnou navržený algoritmus není ideální, vždy je existuje možnost, jak algoritmus upravit, zjednodušit jej a zvýšit jeho efektivitu. Popis algoritmu byl uveden na obdélníkovém prostoru rozděleném do tří sektorů.

8 Závěr

Tato bakalářská práce popisuje možnosti komunikace UAS, navržení možnosti pohybu UAS v zabezpečeném prostoru a popsání samotného algoritmu pohybu systému UAS. V práci je popsáno několik základních možností bezdrátové komunikace mezi jednotlivými bezpilotními letouny. U každého typu komunikace jsou uvedeny jeho výhody a nevýhody a je zde uvedena možnost, jak tento systém vylepšit pomocí spojením dvou typů komunikací do jednoho.

Návrh monitorování zadaného území byl realizován nejprve na prostoru, který měl obdélníkový tvar. Tento prostor byl rozdělen do dvou sektorů a poté dvakrát do třech sektorů. Dále jsou v této práci popsány území trojúhelníkového a šestiúhelníkového tvaru, které jsou méně rozšířené. U každého způsobu monitorování daného prostoru je popsán způsob pohybu jednotlivých UAV, jejich vzájemné komunikace a celkový průběh monitorování v systému UAS. V závěru jsou u každého typu popsány jeho výhody a nevýhody.

V poslední kapitole byl vybrán obdélníkový prostor, který je rozdělen do tří sektorů. Toto řešení je optimální z hlediska kvality zabezpečení a složitosti algoritmu. Na tomto způsobu je postaven samotný algoritmus UAS. Ten je vyjádřen nejprve pomocí vývojového diagramu. Pod ním jsou detailně rozepsány jednotlivé kroky. Je tedy možné okamžitě zjistit, co algoritmus UAS v daném okamžiku právě provádí.

Seznam obrázků

<i>Obr. 3.1 - Grafické značky 3 základních bloků diagramů[1].....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 4.1 - Topologie hvězda[2].....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 4.2 - Topologie hvězda, kde centrálním prvkem je UAV1[3].....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 4.3 - Topologie typu Mesh[4].....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 4.4 - Topologie Mesh, kde UAV1 je řídicím prvkem[5].....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 4.5 - Topologie Ad-hoc[6].....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 5.1 - Monitorování plochy rozdělené na 2 sektory[7].....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 5.2 - Monitorování plochy rozdělené na 2 sektory[8].....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 5.3 - Monitorování plochy rozdělené na 3 sektory[9].....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 5.4 - Monitorování plochy rozdělené na 4 sektory[10].....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 5.5 - Monitorování trojúhelníkové plochy se 2 sektory[11].....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 5.6 - Monitorování šestiúhelníkové plochy se 3 sektory[12]</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 6.1 - Algoritmus pro UAS, část 1[13]</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 6.2 - Algoritmus pro UAS, část 2[14]</i>	<i>42</i>

Seznam použité literatury

- [1] MOTYČKA, *Algoritmizace*. První vydání, Brno, ISBN 80-85615-80-0
- [2] *Wikipedia* [online]. 2012 [cit. 2012-03-15]. Unmanned aerial vehicle.
Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle>.
- [3] *Odbor obranné standardizace* [online]. 2011 [cit. 2012-03-18]. Identifikace
(rozpoznávání) pozemních sil na bojišti a v operačním prostoru. Dostupné z WWW:
<<http://www.oos.army.cz/cos/cos/108015.pdf>>.
- [4] *Wikipedia* [online]. 2012 [cit. 2012-03-15]. Topologie sítí. Dostupné z
WWW:< http://cs.wikipedia.org/wiki/Topologie_sítí>.
- [5] *Ikvalita* [online]. 2011 [cit. 2012-03-20]. Vývojové diagramy. Dostupné z
WWW:< <http://www.ikvalita.cz/download/kap2.pdf>>.
- [6] *UAV/UAS - využití bezpilotních letounů v bezpečnostní praxi* [online]. 2012
[cit. 2012-03-20]. Rozdělení UAS. Dostupné z WWW:
< <http://www.uav.estranky.cz/clanky/system-uas---rozdeleni-uas.html>>.
- [7] *TERMOVIZE* [online]. 2008 [cit. 2012-03-23]. Teorie termovizního měření.
Dostupné z WWW: < <http://www.termovize.com/princip-termovize/>>.
- [8] *ATN* - [online]. 2009 [cit. 2012-03-23]. Princip nočního vidění. Dostupné z WWW:
< <http://www.nocni-videni-atn.cz/aktuality/jak-pracuji-pristroje-pro-nocni-videni/>>.